



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
Институт за рударство / Површинска експлоатација
Штип

Жаклина Ристевска

**ИЗБОР НА ОПТИМАЛНА ОПРЕМА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА ВО ФАЗА НА
ОТВОРАЊЕ НА ПК ПЈС „СУВОДОЛ”**

- МАГИСТЕРСКИ ТРУД -

Штип, 2011 година

Комисија за оценка и одбрана

Ментор: д-р Зоран Панов,
професор на ФПТН УГД - Штип

Член: д-р Ристо Дамбов,
професор на ФПТН УГД - Штип

Член: д-р Зоран Десподов,
професор на ФПТН УГД - Штип

Членови на Комисија за оценка и одбрана:

Претседател: д-р Ристо Дамбов,
професор на ФПТН УГД - Штип

Член: д-р Зоран Панов,
професор на ФПТН УГД - Штип

Член: д-р Зоран Десподов,
професор на ФПТН УГД - Штип

Научно поле: техничко-технолошки науки

Научна област: површинска експлоатација на минерални сировини

Датум на одбрана: _____

Датум на промоција: _____

Благодарност

Огромна почит и голема благодарност упатувам до наставно-научниот кадар на Универзитетот „Гоце Делчев“ – Штип, што овозможи оваа научно-образовна установа да прерасне и да биде она што е денес. Особено ми е драго што без студент во вториот циклус студии на овој Универзитет.

Посебна благодарност би упатила на целокупниот наставно-научен кадар од Институтот за рударство, за големиот труд и постигнат успех, за развој на ова поле од стручно-научен аспект на овој Универзитет, со што ни овозможија да ја усовршине и надградиме својата стручност.

Сепак, најголема благодарност за моралната и стручна поддршка, стручни совети, консултации, сугестии и насока за изработката на овој магистерски труд упатувам до мојот ментор професор д-р Зоран Панов.

Голема благодарност изразувам и до членовите на Комисијата, професор д-р Ристо Дамбов и професор д-р Зоран Десподов, за огромениот придонес овој труд да добие комплетен изглед од стручно-научен аспект.

На моите колеги, од ПЕ - Рудници РЕК-Битола им се заблагодарувам за соработката при изработката на овој труд.

Исто така, изразувам благодарност до сите кои присуствуваат на одбраната на овој магистерски труд, што ми претставува огромна чест.

НАСЛОВ НА МАГИСТЕРСКИОТ ТРУД

ИЗБОР НА ОПТИМАЛНА ОПРЕМА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА ВО ФАЗА НА ОТВОРАЊЕ НА ПК ПЈС „СУВОДОЛ”

Краток извадок

Оптимализацијата на основната опрема се состои од избор на едно решение за оптимално, од наведените алтернативни решенија, за обезбедување на потребниот годишен капацитет на производство на јагленовиот енергенс. Оптимализацијата на опремата вклучува анализирање на постојните и новопланираните системи за експлоатација, со примена на повеќекритериумската оптимализација, анализа на резултатите и донесување на заклучоци од истражувањето. Имено, повеќекритериумската оптимизација дава можност за оптимизирање не само според една критериумска функција, туку и вклучување на други критериумски функции со различен карактер.

Оптимализацијата на опремата е направена во основа од добиените резултати во истражувањето, од што се состои и донесувањето на одлука за можно ангажирање на постојната опрема или набавка на нова. Изборот на оптимална опрема за експлоатација во фаза на отворање на подинската јагленова серија е направен за неколку варијантни решенија според критериум на Promethee рангирање на понудените комбинации на основна опрема.

Клучни зборови: *варијанта, податоци, критериум, капацитет, технологија, рангирање, јаглен, параметри.*

TITLE OF THESIS

OPTIMUM SELECTION OF EQUIPMENT FOR EXPLOITATION IN THE OPENING PHASE UCS OM SUVODOL

Abstract

Optimization of basic equipment consists of a selection of the optimal solution, of these alternative solutions, to provide the required annual production capacity of coal fuel. Optimization of equipment, including analysis of existing and new systems planned for operation by applying multi criteria optimization, analyzing results and making conclusions of the research. Multi criteria optimization provides an opportunity to optimize not only a function of criteria but also include other criteria functions with different character.

Optimization of the equipment is made essentially from the results obtained in the survey which consists of both the decision on the possible deployment of existing equipment or purchasing new. The choice of optimal equipment for the exploitation phase of opening upper coal series, made for several variant solutions under the Promethee ranking criterion of the offered combination of basic equipment.

Keywords: *Variant, data, criteria, capacity, technology, ranking, coal, parameters.*

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД	1
1.1. Предмет на истражување	2
1.2. Цели на истражување.....	2
1.3. Методологија на истражување.....	3
1.4. Осврт на досегашните истражувања.....	4
2. ОПШТИ МЕТОДИ И ПРИНЦИПИ НА ПРОЕКТИРАЊЕ НА ОСНОВНА ОПРЕМА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ПОВРШИНСКИТЕ КОПОВИ	6
2.1. Методи на проектирање на современите површински копови... 7	
2.1.1. Методи на проектирање кои користат информации за дадениот коп.....	10
2.1.2. Методи на проектирање кои користат информации од научни области на површинска експлоатација или други научни области	15
2.4. Принципи на комплетирање на основната и помошната опрема во различни структури на комплексната механизација	18
2.5. Техничко-технолошки организациони и економски фактори на опремата за експлоатација.....	20
2.6. Реконструкција и етапна експлоатација на ПК.....	23
2.3. Фактори кои влијаат при изборот на комплексноста на механизацијата.....	25
3. ОПШТИ МЕТОДИ НА ОПТИМИЗАЦИЈА	26
3.1. Општо за повеќекритериумска оптимизација	27
3.1.1. Методи на повеќекритериумско одлучување	29
3.1.1.1. Трансформација на квалитетите на атрибути ...	30
3.1.1.2. Методи на повеќекритериумско одлучување	32
3.1.2. Методи на повеќекритериумско одлучување.....	34
3.2. Методи за повеќекритериумска оптимизација кои се најчесто применувани	36
3.2.1. Методи PROMETHEE I и PROMETHEE II	38
3.3. Изработка на моделот	46

4. АНАЛИЗА НА ПОСТОЈНИТЕ СИСТЕМИ ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА	
НА ПК ПЈС.....	48
4.1. Основни карактеристики на локалитетот и пошироката	
околина.....	49
4.1.1. Географска лоцираност и сообраќајни комуникации	
на ПК Суводол.....	49
4.1.2. Категоризација на резервите на јаглен од ПЈС.....	49
4.1.3. Геолошки карактеристики	50
4.1.4. Инженерско-геолошки карактеристики на работната	
средина	52
4.1.5. Климатски фактори на работната средина	54
4.1.6. Хидрогеографски фактори на работната средина	55
4.1.7. Хидрогеолошки фактори на работната средина.....	55
4.1.8. Геомеханички карактеристики на работната средина...	57
4.2. Планирана динамиката на експлоатација на јаглен од ПЈС	
во спрег на ПЕ Рудници	59
4.3. Период на пробна работа и ревитализација на новата	
и користена опрема	62
4.4. Техноекономската анализа на книговодствената вредност на	
постојната основна опрема.....	64
4.5. Анализа на податоците на постојната опрема за	
експлоатација	66
4.6. Краток приказ на технологијата за отворање и развој на	
ПК ПЈС.....	77
4.6.1. Активности за отворање на ПК ПЈС.....	79
4.6.2. Краток приказ на постојната технологија за	
експлоатација на Усекот за отворање на ПЈС.....	80
4.6.3. Краток приказ на технологијата на експлоатација за	
формирање на фигурата на отворање на ПК ПЈС.....	83
4.7. Технолошки шеми на експлоатација на ПЈС - преглед	
на резултатите од анализата на стабилност.....	85
4.8. Локација на одлагалиштата и капацитет за	
сместување на откопаната јаловина.....	90
4.9. Потребна помошна механизација	91

5. ПРЕДЛОГ-АЛТЕРНАТИВНИ РЕШЕНИЈА ЗА ИЗБОР НА ОСНОВНА ОПРЕМА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА	93
5.1. A1–Континуирана опремата за експлоатација (континуиран ископ на откривката и јагленовите слоеви).....	95
5.2. A2–Комбинирана опремата за експлоатација (континуиран ископ на откривката и дисконтинуиран ископ на јагленот).....	99
5.3. A3–Континуирана опремата за експлоатација (континуиран ископ на откривката и комбиниран ископ на јагленот).....	113
5.4. Потребни инвестициони вложувања на предложените варијанти	119
5.5. Динамика на вклучување на опремата по фази на експлоатација на ПЈС.....	120
6. ИЗБОР НА ОПТИМАЛНА ОПРЕМА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА.....	122
6.1. Изработка на повеќекритериумски модел	123
6.1.1. Идентификација на факторите кои имаат влијание врз поставување и решавање на проблемот.....	123
6.1.2. Дефинирање на моделот.....	125
6.1.3. Анализа на проблемот и утврдување на варијантните решенија.....	126
6.1.4. Избор и идентификација на критериумите.....	127
6.1.5. Трансформација на квалитетите на атрибутите на моделот	132
6.2. Решавање на моделот.....	135
6.2.1. Решавање на повеќекритериумскиот модел со метода PROMETHEE.....	134
6.2.2. Решавање на моделот со метода PROMETHEE I	140
6.2.3. Решавање на моделот со метода PROMETHEE II	142
6.3. Рангирање на алтернативите според метода PROMETHEE I и PROMETHEE II	144
7. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА	145
8. ЗАКЛУЧОК	148
КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	150
ПРИЛОЗИ	151

1. ВОВЕД

Од целокупното производство на електрична енергија во Р. Македонија повеќе од 70% се обезбедува со согорување на лигнитот во термоелектраните на РЕК Битола (чија моќ е $3 \times 225 \text{ MW}$), кои се изградени и работат на утврдените резерви на јаглен од главниот продуктивен слој кој е во завршна фаза на експлоатација. По овој период може да се појави недостаток од електрична енергија, ако навремено не се преземат соодветни активности за обезбедување на нови количини на јаглен, со што ќе се продолжи континуитетот на работењето на ТЕ Битола, што води кон директна зависност од преостанатите резерви на јаглен во ПК „Брод – Гнеотино“ и ПК „Суводол“ Подинска јагленова серија. Според стратегијата за производство на електрична енергија на Р. Македонија во иднина се очекува производство на јагленовиот енергенс од овие два површински копа, каде веќе се вршат подготвителни активности и се во почетна фаза на отворање. Подинската јагленова серија е со сложена градба на лежиштето со застапените антиклинални и синклинални форми, големи падни агли на јагленовиот слој, до 10° во источниот и североисточниот обод на полето и 30° во југозападниот дел на полето, и со оптоварувања од масите на внатрешното одлагалиште. Генерално гледано, од експлоатациона гледна точка, ПЈС може да се дефинира со прв и втор јагленов слој. Во западниот дел од лежиштето вториот јагленов слој е силно раслоен, од 1 до 18 слоеви со дебелина од 0,5 до 6,0 m. Со оглед на сложените геолошки карактеристики на јагленовиот слој од ова наоѓалиште, се наметнува потреба за избор од основна опрема која би била најповолна за негова експлоатација. Во изборот ќе биде третирана постојната опрема, како и можноста за набавка на нова опрема, во комбинација со постојната која би била најповолна за експлоатација на ПЈС, за да се задоволи потребниот годишен капацитет на производство на јагленовиот енергенс од 3×10^6 тони. За избор на оптимална опрема за експлоатација на подинскиот јагленов слој ќе бидат анализирани, глобално, неколку варијанти на основна опрема.

1.1. Предмет на истражување

Предмет на истражување на оваа магистерска работа е да се направи оптимален избор на основна опрема за експлоатација на ПЈС. Во истражувањата ќе бидат анализирани факторите кои влијаат врз проектирањето на основната опрема, со користење на информации за дадениот коп, информации од научни области на површинска експлоатација и други научни области, како основна подлога за избор на техничко-технолошките карактеристики на опремата за експлоатација на подинската јагленова серија.

Предмет на истражувањето е во основа оптимален избор на опрема за експлоатација на ПЈС и системот за експлоатација на јаглен. Во овој магистерски труд ќе бидат анализирани следниве три алтернативи:

A1 – континуирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на отквивката и јагленовите слоеви);

A2 – комбинирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на отквивката и дисконтинуиран ископ на јагленот);

A3 – континуирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на отквивката и комбиниран ископ на јагленот).

1.2. Цели на истражување

Цел на истражувањето на оваа магистерска работа е да се димензионира оптимална опрема за експлоатација на јагленовите откопни етажи која ќе биде приспособена на работната средина во функција од проектираниот годишен капацитет за производство на јагленовиот енергенс. Во анализирањето ќе бидат опфатени повеќе критериуми, како инвестициони вложувања во опремата, трошоци за откопување и транспорт на јагленот, резерва на капацитетот на опремата за експлоатација, загуби на јагленовите маси при експлоатацијата, разблажувањето на квалитетот на јагленот, технолошка погодност на опремата за експлоатација на јагленот од ПЈС и друго.

Системот на оптимизација се состои од избор на едно решение за оптимално, од претходно наведените алтернативни решенија, но притоа се земени предвид техничко-технолошките карактеристики - услови на постојната и новата опрема, бидејќи дел од опремата по престанување со работа на ГЈС „Суводол“ ќе се вклучи во работата на ПЈС.

.

1.3. Методологија на истражување

Врз основа на предметот на истражувањето и според целите на истражувањето, како и врз основа на современите светски искуства од методологијата на истражување, за најсоодветна методологија се наметнува повеќекритериумската оптимизација. Пресметковните параметри се одредени врз основа на истражните податоци и извршените статистички анализи на резултатите од испитувањата на работните средини во зоната на откопување на отквивката и јагленот на подинската јагленова серија.

Имено, повеќекритериумската оптимизација дава можност за оптимизирање не само по една критериумска функција (на пример, минимална цена на ископ и товарање на јаглен), туку и вклучување на други критериумски функции со различен карактер. Оптимализацијата на понудените варијанти на основната опрема ќе биде направена по метода на PROMETHEE I и PROMETHEE II, како најсоодветни групи на повеќекритериумски методи за оптимализација.

1.4. Осврт на досегашните истражувања

Досегашни истражувања на ПК подинската јагленова серија „Суводол“ можат да се сублимираат во следнава геолошка и рударско-техничка документација:

- Елаборат за хидрогеолошките карактеристики на јагленовата серија во рудникот „Суводол” - РЕК Битола (Гео-Маврово, Скопје 1986);
- Главен рударски проект за површинскиот коп „Суводол” за капацитет $6 \cdot 10^6$ тони јаглен годишно - Втора фаза на експлоатација, Основна концепција, книга 1/1, Рударски институт, Земун, 1987;
- Техноекономска студија за можностите за експлоатација на подинската јагленова серија на постоечкиот ПК „Суводол“, Рударски институт, 1987 - текст Земун, 1987;
- Елаборат за прекатегоризација на геолошки рудни резерви за првиот и главниот јагленов слој од подинската јагленова серија во наоѓалиштето „Суводол” РЕК Битола, Геохидропроект, Скопје, 1994;
- Елаборат за изведените хидрогеолошки истражни работи и добиените резултати од тестирањето на пробно-експлоатационен бунар ПЕБ-8 и придружните набљудувани пиезометриски дупкотини П-1, П-2 и П-3 во рамките на подинската јагленова серија во лежиштето „Суводол” РЕК Битола (ДОО „Круна Дрил”, Скопје, 1995);
- Геотехнички истражувања и испитувања на теренот во зоната на свлечиштето и зоната на браната „Суводол” – Битола. Инженерско-геолошки, хидрогеолошки и геомеханички истражни и испитни работи, книга 2, Елаборат за геомеханичките теренски истражувања и лабораториски испитувања на теренот во зоната на свлечиштето и зоната на браната „Суводол” - Битола, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Градежен факултет, Скопје, 1996;
- Елаборат за класификација, категоризација и пресметка на резервите на јаглен: текстуален дел; графички прилози; текстуални прилози; Градежен институт „Македонија”, Завод за геотехника, Скопје, 2005.

- Елаборат за геомеханички истражни работи и испитувања на подинската јагленова серија во ПК „Суводол“, Градежен институт „Македонија“, Завод за геотехника, Скопје, 2005;
- Студија „Геомеханичка анализа на работните и завршните косини на *подинска јагленова серија* за потребите на концепцијата за отворање и експлоатација“ (Рудник „Суводол“), Скопје, 2005;
- Елаборат за хидрогеолошки и инженерско-геолошки истражувања и испитувања на подинската јагленова серија на ПК „Суводол“ (Градежен институт „Македонија“, Скопје, 2005);
- Елаборат за изведените пробно-експлоатациони бунари за ПЈС - Рудник „Суводол“ РЕК Битола (Градежен институт „Македонија“, Скопје, 2006);
- Главен рударски проект за отворање и експлоатација на јагленот од ПЈС - Рудник „Суводол“ - Книга I, „Основна концепција, за отворање, експлоатација и развој на ПК ПЈС“, Рудпроект, Скопје, 2008.
- Главен рударски проект за отворање и експлоатација на јагленот од ПЈС - Рудник Суводол – Книга II/1, „Технички проект за усек на отворање“, Рудпроект, Скопје, 2009.

2. ОПШТИ МЕТОДИ И ПРИНЦИПИ НА ПРОЕКТИРАЊЕ НА ОСНОВНАТА ОПРЕМА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ПОВРШИНСКИТЕ КОПОВИ

Целта на проектирањето на површинскиот коп е постигнување на оптимално производство, според трошоците на експлоатација, искористување на резервите, услови на работа и слично за конкретното лежиште. Според тоа, проектирањето на површинските копови, всушност, е научна работа и припаѓа на развојни истражувања. Создавањето на теорија на проектирање (научни основи на проектирањето) претставува фундаментално ориентирано истражување или применето истражување.

Битно влијание при изборот на опрема може да имаат техничко-економските параметри и климатските услови на реонот во кој се наоѓа лежиштето. Задачата за примена на опрема со континуирано дејство со зададени параметри се решава по следниов редослед: се утврдуваат оптимални параметри и техничко-економски показатели на откопување на даденото лежиште со нефиксирани параметри на опремата и добиените резултати се споредуваат со оние кои се добиваат при користење на опрема со зададени параметри. Врз основа на добиените резултати, со ова споредување, се донесува заклучок за можностите за користење на постоечката опрема или потреба од нејзина замена со друга опрема со оптимални параметри, според Popovic (1957).

2.1. Методи на проектирање на современите површински копови

Проектирањето на современите површински копови е истражувачки процес базиран на научно-теоретски основи и искуство од практиката, достигнувања на соодветните гранки на индустријата и воопшто достигнувања на науката. Се состои во решавање на различни технички, економски и техничко-економски задачи. За изнаоѓање на најповолни решенија мора темелно да се анализираат сите важни параметри и нивните меѓусебни врски, бидејќи кај рударското проектирање економските и техничките прашања се во тесна врска, тие мораат заеднички да се решаваат, поради што и настанал терминот „техничко-економска анализа“, под што се подразбира збир на методи на квантитативна и квалитативна проценка на факторите и параметрите со кои се доаѓа до резултат на дадената задача. Во процесот на проектирање на површинските копови најчесто е потребно да се решат два типа на задачи: основни со кои се определуваат оптимални варијанти на основните параметри на површинскиот коп, технологијата и механизацијата и второстепени со кои се определуваат оптималните варијанти на деталите на технологијата. Во првиот тип на задачи се:

- ограничување на површинскиот коп по површина и по длабочина;
- проектирање на отворање и развивање на површинскиот коп;
- проектирање на системот на експлоатација;
- избор на опрема, односно механизација;
- избор на капацитет на површинскиот коп;
- проектирање на динамика на развојот, односно календарски план.

Ниту една од наведените задачи не може да биде решена изолирана од другите, бидејќи решавањето на секоја од нив помалку или повеќе влијае на решавањето на другите. Поради тоа, одамна се тежнее сè повеќе да се воведуваат методи на квантитативна оценка, секогаш кога тоа е можно. Проектирањето на површинските копови се сведува на постепено приближување кон најрационалните решенија со серија на пресметки и проценки кои постепено го стеснуваат дијапазонот на варирање на бараните вредности на параметрите или бројот на можните варијанти на решението.

Во процесот на проектирањето се испреплетуваат многубројни фактори, некои од нив не можат на полно квантитативно да се оценат, па во такви случаи потребна е квалитативна оценка. Во ваквите фактори припаѓаат: заштитата при работа, барања за најмали загуби или осиромашување, санитарни противпожарни прописи и сл. При конкретно проектирање често постојат природни ограничувања. Такви можат да бидат димензиите на површинскиот коп на лежиштето, потоа еднозначни решенија според условите на релјефот, како и посебни барања на проектната задача (прифаќања на постоечката опрема, однапред одреден капацитет на потрошувачот и сл.). Правилни решенија при проектирањето на површинските копови можат да се добијат само со целокупност на квантитативните и квалитативните оценки на меѓузависноста на основните параметри на површинскиот коп. Постои низ на методи на проектирање на површинските копови кои се базираат на емпириски или теоретски основи и хипотези. Во зависност од изворите на потребните информации, методите на проектирањето се делат на три групи:

1. Методи на проектирање кои користат информации за дадениот коп;
2. Методи на проектирање кои користат информации од научни области на површинска експлоатација или други научни области;
3. Интуитивни методи на проектирање на површински копови.

Класификацијата на методите на проектирање на површински коп е дадена на слика 2.1.



Слика 2.1. Класификација на методите на проектирање на површински коп
 Figure 2.1 Classification of methods for design of surface mine

2.1.1. Методи на проектирање кои користат информации за дадениот коп

Информации кои користат при проектирање за даден коп можат да бидат:

Логички инженерски решенија, кои спаѓаат во првата група се почеток на истражувачкото програмирање во проектирањето. Нивната сигурност зависи од ерудицијата и искуството на проектантот, како и од целовитоста на информациите.

Аналитички методи при проектирањето, кои се состојат од создавање на функционални аналитички зависности помеѓу набљудуваните параметри и пресметки на оптималната големина на бараниот параметар со користење на методи на математичката анализа, всушност, методи „максимум – минимум“.

Како критериум на оптималност на решението се зема или условот за минимум на експлоатациони трошоци или условот за максимална економичност, максимална добивка, минимална потрошувачка на енергија, работа и сл.

Графоаналитички методи, кои ги обединуваат предностите на аналитичките и графичките методи, а го поедноставуваат и покажуваат решението преку графички конструкции и можност за математичка анализа на законитостите и меѓусебните врски на битните фактори. Најголема примена на графоаналитичката метода е геометриска анализа на површинскиот коп преку кумулативен графикон $\Sigma V = f(\Sigma R)$, позната како метода на Arsentjev. При изнаоѓање на екстремите на функциите на мали наклони, важно е да се напомене дека за голема промена на аргументот функцијата многу малку се менува. Поради тоа може да се заклучи дека за вакви функции е поважна „областа на екстремот“ (минимум или максимум), отколку точката на екстремот. Областа на екстремот е мал дијапазон на вредност на функцијата во кој се случуваат големи промени на аргументот. Усвојувањето на вредности на функцијата од областа на екстремот подлежи на квалитативна проценка и, главно, зависи од ерудицијата, искуството и личноста на проектантот. Областа на екстремот што нè интересира при проектирањето е замена за грубоста на податоците за одредени параметри, како и идеализација на условите на лежиштето и поедноставување на аналитичките изрази. Поради тоа, примената на графичките и графоаналитичките методи дава сосема

задоволителни резултати. Всушност, за грубоста на податоците за пресметка на одредени параметри, како и точноста на тие параметри, најдобро зборува класификацијата на точност на рударско-технолошките показатели и пресметки во рударството.

Графички методи на проектирање, кои широко се применуваат во геометриската анализа на условите на експлоатација на лежиштето кај одредени гранични длабочини на површинскиот коп, кај анализа на режимот на работа, системот на експлоатација и сл. Основна предност на графичките методи е едноставноста и прегледноста на решението. Успешно се применуваат за добивање на првични приближни решенија кои подоцна се деталзираат со други методи.

Метода на варијанти (техничко-економска анализа на спротивставени варијанти) е најшироко применувана и универзална метода во практиката на проектирање на површински копови. Се применува за одредување на границата на површинскиот коп, капацитет, отворање, избор на транспорт и опрема и слично. Суштината на методот на варијанти се состои во одредување на неколку технички можни и економски веројатни варијанти, а изборот се врши со споредување на техничко-економските фактори. Пристапот на обработка е следниов: во зависност од задачата се обработуваат технички можни и економски веројатни варијанти на решенија; се избираат економски критериуми за проценка и споредување на варијанти; се вршат пресметки на варијанти врз основа на кои се одредуваат вредностите на параметрите кои ги претставуваат економските критериуми; се спроведува квантитативна и квалитативна проценка на варијантите и со споредување се одбира рационално решение за конкретните услови. Без оглед на едноставноста на методата при нејзина примена важат следниве правила:

1. Изборот на варијантите треба да се темели на детално разработени услови, со цел овие варијанти со темелни пресметки да можат да бидат технички изводливи.
2. Колку повеќе има варијанти, точноста е поголема, но затоа работата е подолготрајна и потешка. Поради тоа треба да се направи избор на варијанти за детална обработка врз основа на претходни груби проценки само на основните параметри.

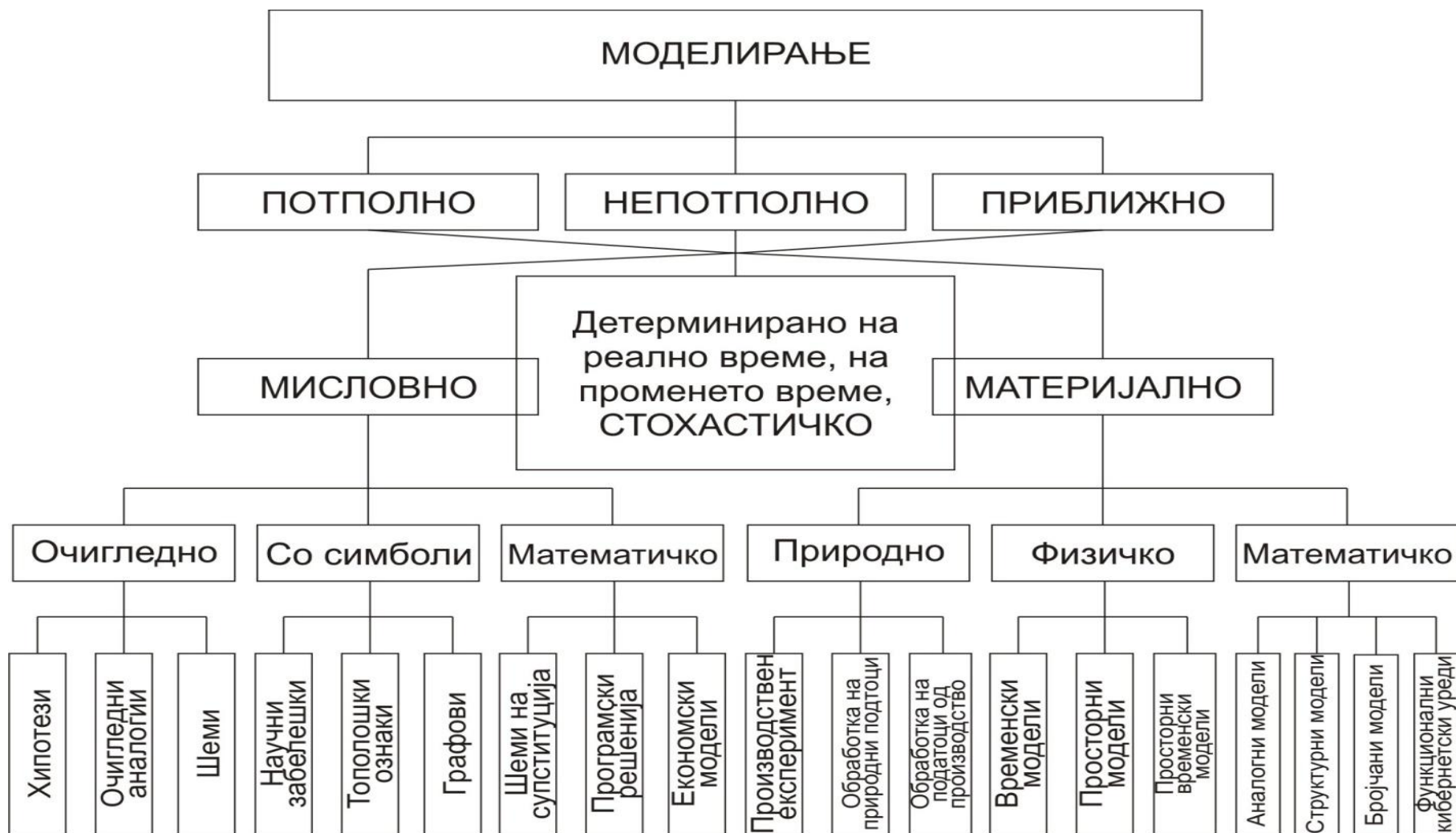
3. Точноста на решението и пресметката, главно, зависи од точноста на влезните податоци, па затоа тие треба детално да се анализираат.
4. Влезните податоци особено економските параметри мора да се однесуваат или сведат на еден момент на времето, бидејќи би биле неупотребливи. Имено, техничко-економските параметри се менуваат со текот на времето под влијание на техничкиот развој, пазарот и усвоените дисконтни стапки на добивка.
5. Посебно внимание треба да се посвети на изборот на економски параметри од што зависи правилноста и тежината на решението на задачата.
6. Точноста на пресметките и сигурноста на усвоените решенија зависат од времето. Варијантите можат да се споредуваат само во случај дадените решенија да се однесуваат на исто време и роковите за проценка да бидат приближно еднакви.
7. Во пресметките за трошоци треба да се земат само реалните трошоци и приходи. Реалноста на трошоците и приходите се релативни вредности утврдени од условите за точност на пресметката.
8. Проценките и споредувањата на варијантите се вршат по апсолутна вредност на параметрите усвоени како економски критериуми и по нивните релативни вредности во проценти од помалиот показател. За споредување обично се користат табели со апсолутни и релативни вредности на параметрите.

Ако разликата помеѓу варијантите е во границите на точноста на пресметката или точноста на влезните податоци се смета дека варијантите се квантитативно еднакви. Во пракса, за квантитативно еднакви варијанти се сметаат оние кај кои разликата во трошоци не преминува 10%. Основни предности на методата на варијанти се: нејзина универзална примена, висока точност на резултатите и прегледност на решението. Методата на варијанти овозможува да се земат предвид најразлични услови на лежиштето и не е врзана за точно одреден алгоритам на решение. Големата точност овозможува да се земат предвид сите значајни фактори на влијание, со што се овозможуваат решенија блиски до реалните услови, за разлика од другите методи кои бараат идеализирање на условите. Кај методата на варијанти многу е воочлива карактеристиката на функцијата во рударството - за голема

промена на аргументот многу малку се менува вредноста на функцијата. Оваа карактеристика најмногу доаѓа до израз кога не се одбира варијантата во точка на максимумот или минимумот, а сите варијанти во областа на екстремот се сметаат за еднакви. Изборот на најповолна варијанта се врши врз основа на квалитативна проценка на поединечни фактори на влијание, кои не можат квантитативно да се проценат. Основен недостаток на методата на варијанти е обемната работа, што зависи од бројот на варијантите. Во праксата на проектирање на површинските копови постои група на задачи коишто можат да се решаваат само со методот на варијанти. Тоа се задачи кои не можат да се проценат според заедничка променлива вредност. Како критериуми за оценка на варијантите служат еден или повеќе параметри, кои во доволен степен ги карактеризираат одделните варијанти. Ретки се случаите кога сите параметри на една варијанта се полоши или подобри од параметрите на друга. За такви случаи обично и не се потребни никакви споредувања, барем не детални. Најчесто некои параметри во една варијанта се подобри, а некои полоши во однос на друга варијанта. Подобрувањето на еден параметар, по правило, предизвикува влошување на другите во истата варијанта. На пример, намалувањето на цената на чинење на производот обично повлекува зголемување на инвестициите, зголемувањето на продуктивноста бара повеќе механизација или автоматизација на работата, а со тоа на сметка на инвестициите, а понекогаш и на трошоците на експлоатација.

За добивање на поточни податоци или информации се потребни лабораторски и индустриски експерименти.

Методот на моделирање се применува сè пошироко при проектирање на површински копови. Според степенот на сличноста со реалната состојба, моделите може да бидат целосни, нецелосни и приближни (слика 2.2.). Кај целосното моделирање на процесите кои ја карактеризираат изучуваната појава слично се менуваат по време и простор. Одвивањето на овие процеси кај нецелосните модели може да биде слично само според време или само според простор. Приближното моделирање се состои во тоа што некои фактори кои очигледно влијаат, но не се одлучувачки за текот на процесот, се моделираат само приближно или никако. Во рударството, првенствено, се користат природно, физичко и математичко моделирање.



Слика 2.2. Класификација на методите на моделирање

Figure 2.2. Classification of methods of modeling

Природното моделирање е посебно организирано истражување на природната средина на објектот во слични или неопходно изменети услови.

Физичкото моделирање ги репродуцира функционалните и динамичките карактеристики на објектот, со зачувување на неговата геометрирска сличност. Физички моделите се разликуваат од оригиналот со материјалот и брзината на текот на истражуваниот процес.

Математичкото моделирање (операциони истражувања) се применува за истражување на сложени производни процеси, системи и објекти на аналогни, електронски, компјутерски и функционални кибернетски уреди. Теоријата на математичкото моделирање се создава низ посебна широка област на науката, т.н. оперативни истражувања (наука на управување).

2.1.2. Методи на проектирање кои користат информации од научни области на површинска експлоатација или други научни области

Другата група на методи на проектирање на површинските копови користи информации од свои или други научни области и се базира на зацртани правци на развој на техниката, технологијата и науката.

Прогноза на развојот на техниката и технологијата е основна метода на проектирање од втората група и во современи услови претставува основа на долгорочно и оперативно планирање на секоја гранка или претпријатие.

Интерполацијата и екстраполацијата, исто така, се методи на проектирање кои често се користат во рударството. Интерполација претставува наоѓање на вредноста на функцијата $Y_i = f(X_i)$ за аргументи X_j кои се разликуваат од точката на интерполација X_i . Екстраполацијата е утврдување на вредности на функцијата $Y_i = f(X_i)$, каде што $i = 0, 1, 2, \dots, n$ за аргументи X_j поголеми од X_n или помали од X_0 .

Прогресивното искуство е веќе задолжителен метод на проектирање на површинските копови и се заснова на широко користење на логички постапки: споредување, анализи, синтези и апстракција. Споредувањето е утврдување на сличности и разлики на параметрите на површинската експлоатација, елементите на технолошкиот процес и техничко-економските

параметри на работата. Со анализата процесот се расчленува на составни делови и секој од нив детално се проучува. Познавањето на тие делови го овозможува согледувањето на процесот во целост и откривање на неговите законитости. Синтезата се состои во утврдување на меѓусебните врски на деловите на целината. Апстракцијата овозможува издвојување на основните делови на предметот или појавата (или група на појави) и изучувања на законитоста на нивното настанување.

Решенијата по аналогиија се заклучоци изведени врз основа на сличност со други проектирани или активни површински копови. Аналогни можат да бидат параметри, структури, функции и производни односи. Во општ случај, решенијата по аналогиија, како и сите дедуктивни методи, поаѓаат во одреден степен од претпоставки (веројатности) па имаат одредена грешка.

Статистичките методи се состојат во користење на статистички податоци или податоци од набљудувања за избор на оптимална вредност на бараниот параметар. Така, на пример, граничниот коефициент на јаловината може да биде пресметан врз основа на статистичките податоци на цената на чинење на минералната сурови и јаловината од површинскиот коп и цената на чинење на минералната суровина од површинската експлоатација на лежиштето. Со доволен број на податоци со методите на математичката статистика можат да се добијат математички зависности на бараната вредност на параметарот и факторите кои на него влијаат. Општо речено, статистичките методи се применуваат при истражување и проектирање на појави и процеси кои течат независно (барем за некое време) од волјата и активноста на луѓето. Во областа на техниката, а особено при проектирање на инженерски објекти, не треба да се фиксираат минати, туку треба да се бараат многу рационални решенија. Таму каде што врз онова на статистички податоци можат да се добијат математички зависности, постои можност на пошироко користење на статистичките методи, бидејќи врз база на минатите активности можат да се предвидат и претпостават идните активности.

Методата на операциони истражувања (наука за квантитативно аргументирани решенија), всушност, е научна примена на некоја одлука во смисла на заземање став во врска со некое прашање или организација, односно регулирање на некоја акција. Ова е научно истражување на карактеристичните појави кои го условуваат функционирањето на процесот,

комплексно гледано поради овозможување на донесување на оптимална одлука. Поради тоа операционите истражувања понекогаш се нарекуваат методи на одлучување или наука на раководење. За сите методи на операциони истражувања е заедничко:

- прибирање податоци и утврдување на карактеристики на процесот кој се разгледува;
- утврдување на релевантни фактори за текот на разгледуваниот процес;
- изнаоѓање мерки и траење на влијанието на одделни фактори;
- утврдување на меѓусебни односи и зависности помеѓу релевантните фактори (функционални или стохастички) ;
- одредување на критериуми на споредливост на резултатите од делувањето на факторите и пронаоѓање врски помеѓу карактеристичните фактори за текот на разгледуваниот процес и критериуми за споредливост на резултатите;
- одредување на постапки (алгоритми) за пронаоѓање на оптимален резултат;
- проверка на исправноста на добиените решенија.

2.4. Принципи на комплетирање на основната и помошната опрема во различни структури на комплексната механизација

Покрај изборот на структурата на комплексната механизација, важно е да се комплетира и основната и помошната опрема по моќност и количина, поради извршување на проектираните работи во производниот процес. Комплетирањето на структурата на комплексната механизација започнува со избор на типот на основната машина во површинскиот коп. Во поголемиот број случаи тоа е багер или друга машина за утовар, транспорт и одлагање. На изборот на капацитетот и нивните работни димензии на основната опрема на багер транспортер и одлагачите влијаат технологијата и обемот на рударските работи за ископ на јаловината и корисната суровина, како и работната средина. Моделот на багерот се одредува според потребната висина и ширината на зафатот, односно блокот, максималната висина на утовар, брзината на напредување и други фактори. Машините за одлагање се одбираат според типот на основната машина и физичко-механичките својства на карпите, а нивниот број се пресметува врз основа на обемот на работата, режимот на експлоатација на машините и организацијата на транспортот.

Комплетирањето на комплексот на машини за континуиран транспорт на јаловина се базира на усогласеност на капацитетот на транспортерот со лента, претоварните уреди и одлагачите со основната утоварна машина.

По изборот на типот и моделот на основната механизација се преминува на избор на останатите машини според технолошката шема, со нивно поврзување по технолошки параметри и количина. Истовремено со комплетирањето на основните машини се врши избор и комплетирање на помошната опрема која служи за помошни работи и операции поврзани со основните процеси. На секоја структура на комплексна механизација ѝ припаѓа соодветен комплет на помошна опрема. Комплетирањето на машините за помошните работи и операции започнува со изборот на основната машина за дадениот помошен процес во конкретните услови. Работните параметри на таквите машини мора да одговараат на параметрите на основната машина во производниот процес, а нивниот капацитет на планираната организација на работата. Изборот на помошните машини се врши во согласност со темпото на основната машина, а бројот на комплети на помошни машини зависи од обемот

и темпото на работите. Примената на поголем број на машини од ист тип е условена од особините на карпите, типот на лежиштето и технолошките шеми. Пресметката за бројот на одделни машини во шемата на комплексната механизација се базира на проектираниот капацитет на површинскиот коп и нормативите на капацитетот на машините и механизмите за дадените услови. Покрај потребниот број на машини, со пресметки се утврдува и бројот на резервни машини. За избраните комплекти на големи машини за утовар и транспорт (големи роторни багери и транспорт со лента, одлагачи и транспортни мостови и дреглајни) не се предвидуваат резервни машини, туку се проектира резерва во нивниот капацитет.

2.5. Техничко-технолошки организациони и економски фактори на опремата за експлоатација

Прв чекор во изборот на опремата е исклучување на машините кои поради природни и технички фактори не се погодни, со што се стеснува изборот на варијанти кои одговараат на природните, техничките, организационите и економските фактори. Овие варијанти меѓусебно се споредуваат по економски параметри. Со години цената на чинење на јаловината е скоро константна, што се објаснува со зголемување на продуктивноста во работата, односот на цената на чинење за подготовка и утовар (багерирање), транспорт и одлагање во цврсти карпи е 4:4:2, а во меки карпи 3:5:2. Разликите во ископ и утовар на различни површински копови исто така не се големи. Меѓутоа, цената на транспортот на површинскиот коп е највисока ставка во трошоците на површинската експлоатација и е ставка со најголеми разлики во конкретни услови. По правило, за многу големи растојанија е најевтин железничкиот транспорт, за големи растојанија транспортот со лента, за кратки растојанија камионскиот транспорт, а за многу кратки скреперите. Да ги разгледаме накратко природните фактори. Според косината на лежиштето разликуваме благи ($8-10^0$), коси (од $8-10$ до $25-30^0$) и стрмни лежишта ($>25-30^0$). Кај благите лежишта може внатрешно да се одлага јаловината. При поголема количина на јаловина се врши транспорт во внатрешно одлагалиште во целост или делумно, што зависи од рационалноста на примената на комбинирани системи на експлоатација. Збирот на наброените фактори го покажува главното влијание при изборот на комплексна механизација односно технолошката шема на експлоатација. Општи барања за избраната структура на комплексната механизација се едноставност, континуитет, сигурност и економичност. Тие можат да се дефинираат во следниве постулати:

1. Што е помал бројот на машините и механизмите, шемата на комплексната механизација е посигурна, попродуктивна и поекономична;
2. Одделни машини и механизми мора да одговараат едни на други по моќност и капацитет;
3. При пресметка на капацитетот на машините задолжително се зема предвид општата организација на работата;

4. Делови на комплексната механизација и на одделни машини кои тешко можат да се автоматизираат и не се доволно сигурни при континуирана работа или според конструктивните карактеристики мора да се удвојат или на друг начин да се обезбеди соодветна резерва;
5. Коефициентот на резерва во моќност и капацитет на одделни машини, во однос на средно часовно ефективно оптоварување, треба да биде најмалку 1,2 - 1,3, а најмногу 1,5 - 1,7.
6. Шемата на комплексната механизација, по можност, треба да содржи континуирани машини и механизми, при што не е пожелно да има меѓусебно поврзани континуирани циклични машини;
7. Најголем економски ефект се постигнува со целосно искористување на моќноста и капацитетот на машините и механизмите; непотполното искористување на машини со голем капацитет и моќност ги влошува економските параметри во споредба со помали машини кои со подобра искористеност би извршиле исто обемна работа;
8. Основни машини, на кои им се подредени останатите во шемата, по правило се багерите (машини за утоварање) и транспортните средства;
9. При изборот на шемата на комплексната механизација се тежнее најмалиот обем на работа да се сведе на малку механизирани помошни процеси и операции. Колку има помалку самостојни процеси и операции, шемата е подобра;
10. Секоја шема на комплексна механизација треба да обезбеди висока сигурност на работата на машините, намалување на времето на застој, целосно исклучување на застој поради хаварија со автоматска заштита, стабилизација на текот на откопаните маси (јаловина и суровина) и оптимален режим на рударските работи, сигурни услови за работа на работниците.

Во овие случаи, изборот на можни структури на комплексна механизација се состои во тоа што во првиот стадиум се исклучуваат структурите кои не доаѓаат предвид поради природни и технички фактори, по што се одбираат најверојатните структури под целокупност на природните, техничките, организационите и економските фактори. По широкиот избор на веројатни структури на комплексна механизација се преминува на детална разработка на ова прашање по сите одбрани варијанти, каде што се:

- пресметуваат количини, рокови и начин на изведување на подготвителните работи и нивната механизација;
- се утврдуваат дневни и сменски количини на рударските работи;
- се одбираат најрационални методи за изведување на основни и помошни работи;
- се одбираат типови на основи машини, шеми и начин на транспорт, како и начин на одлагање;
- се конструира распоред на машините по делови на технолошкиот процес, по производни и работни процеси;
- се вршат пресметки и се конструира геометријата на производните процеси;
- се пресметуваат техничко-економски параметри.

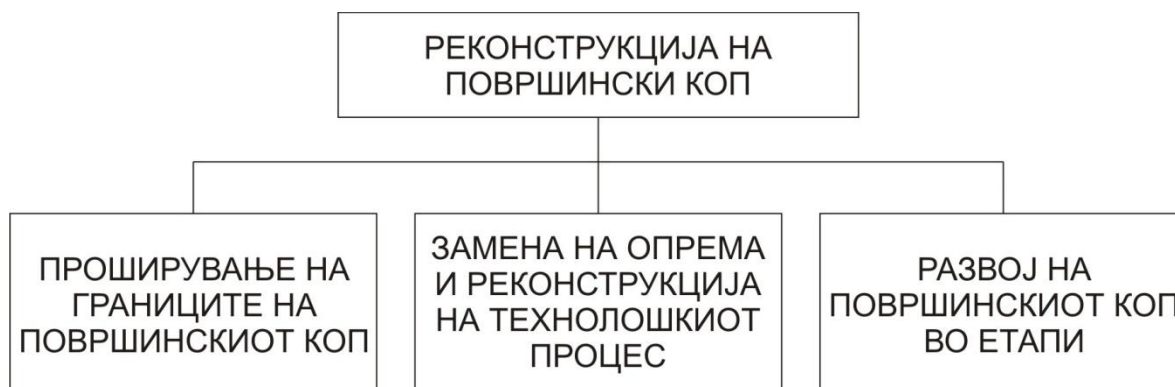
Важен фактор при изборот на комплексна механизација, покрај цврстината на карпите и другите природни услови, е потребниот капацитет на површинскиот коп, како и бараниот квалитет на суровината. Овие фактори во одредени услови можат да имаат пресудно влијание при изборот на комплексна механизација. Кај современите површински копови се тежнее да се типизираат машините, што значително ги поедноставува организацијата на рударските работа, експлоатацијата, ремонтот и сервисирањето на машините. Заедно со типизацијата за откоп, по правило, се одбираат најголемите машини од сериско производство. Само во посебни случаи се проектираат машини и механизми изработени специјално за конкретните услови на површинскиот коп.

2.6. Реконструкција и етапна експлоатација на ПК

Изградбата на нови и реконструкцијата на веќе постоечките површински копови се основни видови на проширена репродукција кај површинска експлоатација на минерална сировина. Реконструкцијата на постоечките површински копови е процес на квантитативно и квалитативно усовршување на средствата за работа. Во текот на работата на површинските копови се вршат понатамошни истражувања на минералните сировини, па чест е случајот кога на веќе постоечкиот површински коп, можат да се приклучат новоистражени делови, на помала или поголема длабочина од проектираната, што условува негова реконструкција.

За разлика од изградбата на нови површински копови со реконструкција обично не може да се постигне исто ниво на производство и продуктивност како кај нови површински копови, бидејќи мора да се земат предвид веќе постоечката опрема, објектите на отворање, развојот и слично. Меѓутоа, и покрај овој недостаток, предностите на реконструкцијата се во постоење на веќе обучен кадар, искуство, населби, земјишта и слично. Реконструкцијата на површинскиот коп може да се врши во следниве основни насоки:

- проширување на границите на површинскиот коп;
- замена на опрема и реконструкција на технолошкиот процес;
- развој на површинскиот коп во етапи.



Слика 2.3. Класификација на основните насоки на реконструкција на ПК

Figure 2.3 Classification of the primary routes of reconstruction on OM

Проширувањето на границите на површинскиот коп, обично, како резултат дава промена на капацитетот, од што произлегува и потребата за повторно преиспитување на целиот технолошки процес. Покрај ова, со тек на времето опремата на површинскиот коп физички се троши и застарува и затоа е потребно периодично да се разгледува рационалноста на нејзината замена со посовршени типови. Можни се и случаи кога со проширување на границите на површинскиот коп е нарушена областа на рационална примена на транспортните средства, па затоа е потребна нивна реконструкција. Со анализа на светските искуства може да се констатира дека реконструкцијата на површинските копови, главно, се изведува поради:

- зачувување на потребниот (бараниот) капацитет;
- продолжување на работниот век на површинскиот коп;
- зголемување на годишниот капацитет.

2.3. Фактори кои влијаат при изборот на комплексната на механизација

Структурата на комплексната механизација на рударските работи ја сочинуваат комплет од утоварна опрема (ископ), транспортна опрема, опрема за одлагање и помошна опрема со меѓусебно поврзани капацитети кои обезбедуваат планирана јаловина и откоп на површинскиот коп. При проектирањето на технолошките шеми, сите основни производни и помошни машини и процеси мораат меѓусебно да се поврзат по капацитети и редослед на изведување. Изборот на структурата на комплексната механизација е многу сложен и е поврзан со разгледување на многу видови и големини на машини, многу варијанти на отворање, транспорт, насока на развој и систем на експлоатација. Основните фактори кои влијаат при изборот на комплексната механизација на површинскиот коп можат да се поделат во следниве групи:

- *Природни фактори:* цврстина и други особини на јаловината и на минералната суровина; облик, димензии изглед на лежиштето и распоред на акорисни компоненти; хидролошки и хидрогеолошки услови; климатски услови и топографија на теренот; видови и намена на минералната суровина;
- *Технолошки и технички фактори:* постоење на квалификувана работна сила; годишен и дневен режим на работа; рокови на изградба на проектираниот капацитет; можности и рокови за довод на енергија, вода, достава и монтажа на опремата и друго;
- *Организациони фактори;*
- *Економски фактори:* инвестициони вложувања; цена на чинење и големина на добивка; продуктивност на работа; кредитни услови и друго.

Секој од наброените фактори може да има во конкретни случаи одлучувачко или второстепено значење. Природните фактори, посебно цврстината на карпите, обично го стеснуваат изборот на основната производна машина на две до три реални можности, па поради тоа треба да се сметаат за одлучувачки фактори.

3. ОПШТИ МЕТОДИ НА ОПТИМИЗАЦИЈА

Постојат голем број на оптимизациони методи и други квантитативни математички методи на операционите истражувања, кои можат да се применат во процесите на одлучување при проектирање и планирање во рударството. Од овој комплекс на методи, од позиција на примена, би можеле да се издвојат следниве групи на методи за моделирање:

- Модели на еднокритериумска оптимизација (на пример, линеарно програмирање, нелинеарно програмирање, динамичко програмирање итн.);
- Модели на повеќекритериумска оптимизација (на пример, метода ELECTRA, метода PROMETHEE, метода VIKOR, метода AHP и др.);
- Математичко-моделски оптимизациони пристапи развиени за решавање на специјални случаи при проектирање и планирање во рударството.

Математичко-моделските оптимизациони пристапи развиени за конкретни случаи при планирање и проектирање во рударството, во основа се релативно добри решенија, бидејќи истите се дефинирани за моделирање на реален идентифициран проблем. Оваа методологија е многу ефикасна, но и сложена. Сложеноста се состои од големиот обем на подготвителни работи за дефинирање и разработка на математичкиот модел, кој може да се примени за решавање на одреден вид на проблем со релативно добра адаптивност за примена во слични случаи, според Панов (2001).

3.1. Општо за повеќекритериумската оптимизација

Повеќекритериумската оптимизација за разлика од еднокритериумската, користи поголем број на критериуми (критериумски функции). Еднокритериумската оптимизација користи само еден критериум во оптимизацијата, со што значително се намалува и реалноста на решавањето на проблемот. Зголемениот број на критериуми во моделите на повеќекритериумската оптимизација значат не само реализирање на моделирањето, туку и зголемување на веродостојноста во добиените резултати. Процесот на оптимизација е во директна субјективна врска со донесителот на одлуката, односно експертот. Големите број на критериуми, освен тоа што има свои предности, секако има и свои недостатоци. Недостатоците се предизвикани од големиот број на критериуми, од начинот на нивното дефинирање, дефинирањето на нивните влијанија, односно тежини во моделот, што од своја страна го прави овој процес на математичко моделирање комплексен. Дури и во денешни услови на развој на математиката како наука, не постои ниту една метода која би се карактеризирала со општост и моќност во решавањето на моделот.

Историски гледано, развојот на методите за повеќекритериумската оптимизација започнал со решавање на проблеми чекор по чекор, односно се развивале методи за конкретни проблеми. Со понатамошно истражување дошло до нивно обопштување и развивање во општи - формализирани методи за решавање на група или класи на проблеми. Методите на повеќекритериумската оптимизација можат да се класифицираат во две поголеми групи, и тоа:

- методи на повеќекритериумско одлучување или попознато како повеќекритериумска анализа;
- методи на повеќекритериумско одлучување.

Иако методите на повеќекритериумската оптимизација се доста сложени, сепак истите имаат некои заеднички карактеристики, како што се:

- ✓ голем број на критериуми (ги креира донесителот на одлуката);
- ✓ постоење на конфликтност помеѓу критериумите;
- ✓ секој критериум има своја единица мерка и тежина (ретки се случаите кога овој услов не е исполнет);

- ✓ субјективност во оптимизацијата (влијанието на донесителот на одлуката);
- ✓ решенијата на овие видови на проблеми се:
 - проектирање на најдобри акции (алтернативи) или
 - избор на најдобра акција од множество на претходно дефинирани конечни акции.

Компаративна анализа на основните карактеристики на двата типа на методи на повеќекритериумска оптимизација е дадена во табела 3.

Табела 3. Карактеристики на методите на повеќекритериумската оптимизација
Table 3. Features in methods of the multi criteria optimization

Карактеристики Features	Методи на повеќекритериумско одлучување methods of multiple attribute decision making	Методи на повеќекритериумско одлучување methods of multiple targets decision making
Критериум Criteria	Атрибути Attributes	Цели Targets
Цел Target	Слабо дефиниран Poorly defined	Добро дефиниран Well-defined
Атрибут Attribute	Добро дефиниран Well-defined	Слабо дефиниран Poorly defined
Ограничувања Restrictions	Вклучени во атрибутите Included in attributes	Активни Active
Активности Activities	Дискретни (конечни) Discrete	Континуирани (бесконечни) Continued
Меѓусебна зависност Interdependence	Не е изразена Not expressed	Силно изразена Strongly expressed
Примена Application	При процеси на избор, вреднување, проектирање и планирање In the process of selection, evaluation, design and planning	При проектирање и планирање When designing and planning

3.1.1. Методи на повеќeaтрибутно одлучување

Основниот елемент во методите со повеќeaтрибутно одлучување е атрибутот. Секој атрибут треба да обезбеди средство на евалуација, односно оцена за нивото на еден критериум, односно цел. По правило, поголем број на атрибути треба да ја карактеризира секоја акција посебно. Тие се базирани врз основа на избраните критериуми од страна на доносителот на одлуката. Како синоними за атрибутите се користат: фактори, параметри, карактеристики, особини, компоненти, перформанси и сл.

Основен начин за прикажување на проблемите при повеќeaтрибутното одлучување е матричниот облик. Односно, матрицата на одлучување $O_{m \times n}$ чии елементи x_{ij} ја означуваат вредноста на i -та акција a_i , во однос на j -от атрибут A_j ($i = 1, 2, 3, \dots, m, j = 1, 2, 3, \dots, n$).

$$O = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Акциите во проблемите на повеќeaтрибутната оптимизација се опишуваат со два вида на атрибути:

- квантитативно;
- квалитативно.

Проблемите кои се јавуваат се настанати од сложеноста на компарацијата на овие два вида на атрибути, како и третманот на различните единици мерки.

Во основа постојат три вида на скали кои можат да се користат при мерењето на различни квантитети (Hwang и Yoon, 1981), и тоа:

- редна (ординарна) скала;
- скала на интервали;
- скала на односи.

Редната (ординарна) скала ги рангира мерените акции без да води сметка за релативните растојанија помеѓу ранговите.

Скалата на интервали рангира акции со меѓусебни еднакви интервали и ги дефинира разликите помеѓу нив и некој однапред дефиниран репер.

За разлика од скалата на интервали, **скалата на односи** ги дефинира разликите помеѓу акциите и некој репер кој однапред не е дефиниран.

Најголемиот број на методи при повеќекритериумното одлучување ги користат редната и интервалната скала.

Потребата од повеќекритериумното одлучување условила брз и континуиран развој на методите од оваа област. Поради тоа, денес се располага со еден огромен број на методи, кои се способни да ги решат разните сложени проблеми од повеќекритериумната оптимизација.

3.1.1.1. Трансформација на квалитетите на атрибути

Трансформацијата на квалитетите на атрибутите е една од поважните особини на повеќекритериумната оптимизација. Имено, ако квалитетите на атрибутите се дадени во описна форма, потребна е нивна трансформација во нумеричка (бројчана) форма. Постојат повеќе скали за трансформација на квалитетите на атрибутите. Трансформирањето на квалитетите на атрибутите е процес кој го изведува донесителот на одлуките. За трансформацијата на квалитетите на атрибути во вредности, на пример, во интервали на скала најчесто се користи т.н. биполарна скала. Имено, се избира скала со 10 точки, првата се доделува на најниското ниво, а десеттата на највисокото.

Друг начин на трансформација на квалитативните атрибути е нормализација на атрибутите:

- векторска нормализација - секој вектор на одлучувањето се дели со својата норма, при што нормализираната вредност n_{ij} е:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (3.2)$$

Предноста на овој начин на трансформација на квалитетите на атрибутите е во тоа што истите можат да се изразат со мери кои имаат свои единици.

- линеарна скала - резултатот (излезот) од некој критериум се дели со неговата максимална вредност, односно:

$$I_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} \quad u = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

Логично е вредностите I_{ij} да се движат во интервалот $[0,1]$, а поповолен е оној резултат кој се доближува до 1.

Како еден од посовремените начини за трансформација на квалитетите на атрибутите е т.н. трансформација на фази (нејасни) атрибути. Овде се користи методологијата од теоријата на „фази множества“ (Задах, 1965).

Основата на оваа теорија е следна:

Нека множеството A е подмножество на множеството E , односно:

$$A \subset E$$

нека x е елемент од множеството A :

$$x \in A$$

Наместо наведениот начин за означување на припадноста на елементот x во множеството A , може да се користи т.н. поим на карактеристични функции на множеството A со ознака $\mu_A(x)$, чии вредности покажуваат дали x е елемент од множеството A , односно ќе важи:

$$\begin{aligned} \mu_A(x) &= 1, & \text{ако } x \in A \\ \mu_A(x) &= 0, & \text{ако } x \notin A \end{aligned} \quad (3.4)$$

Да претпоставиме дека карактеристичната функција на множеството A може да ја има која било вредност од интервалот $[0,1]$. Тогаш x_i од E не мора да биде елемент на множеството A ($\mu_A(x_i)=0$), може да биде „слаб“ елемент на A (μ_A е близу нула), може да биде „помалку“ или „повеќе“ елемент на множеството A (μ_A е околу средината на интервалот $[0,1]$ и конечно x_i е „силен“ елемент на A (μ_A е близу „1“).

Користејќи го наведениот пристап може да се дефинира поимот фази множество и тоа на следниов начин:

Нека E е множество, а x е елемент од множествот E . Тогаш фази подмножество A на множеството E е множество на подредените парови за кои важи:

$$A = \{(x, \mu_A(x))\} \quad \forall x \in A \quad (3.5)$$

каде $\mu_A(x)$ е степен на членство на x во A

Така ако $\mu_A(x)$ ја земе својата вредност во множество M (множество на членови), може да се констатира дека x ја зема вредноста на M преку функцијата $\mu_A(x)$, која поради тоа се нарекува функција на членство.

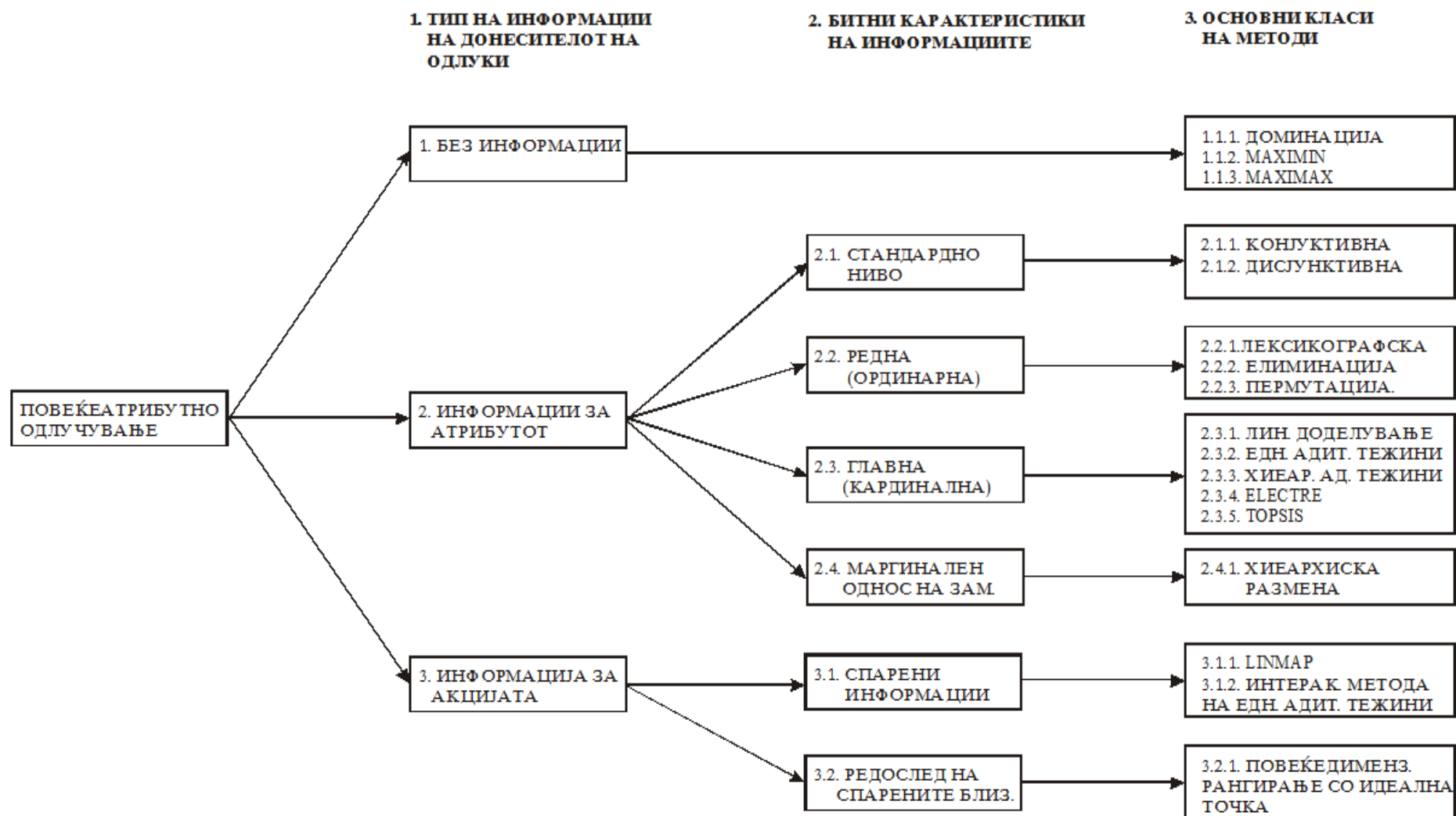
Во случаите на повеќекритеријалната оптимизација, кога за дефинирање на атрибутите се потребни информации за нивното поединечно релативно значење преку доделување на тежини на конкретното множество на n критериуми, множеството на тежини е:

$$t^T = (t_1, t_2, t_3, \dots, t_j, \dots, t_n) \quad \sum_{j=1}^n t_j = 1 \quad (3.6)$$

3.1.1.2. Методи на повеќекритеријално одлучување

Потребата од повеќекритеријалното одлучување условила брз и континуиран развој на методите од оваа област. Поради тоа, денес се располага со еден огромен број на методи кои се способни да ги решат разните сложени проблеми од повеќекритеријалната оптимизација.

Повеќе автори имаат направено класификација на методите на повеќекритеријалното одлучување. Сепак, најдобар преглед на овие методи дале Hwang и Yoon (1981), преку нивната класификација на методите на повеќекритеријалното одлучување (сл. 3.1.).



Слика 3.1. Класификација на методите на повеќекритериумното одлучување

Figure 3.1. Classification of methods of multi attributes decision making

3.1.2. Методи на повеќецелно одлучување

Покрај повеќекритериумното одлучување, повеќецелното одлучување е втората голема група на методи за повеќекритериумска оптимизација.

Во основа сите методи на повеќецелното одлучување ги имаат следниве заеднички карактеристики:

- множество на цели кои можат да бидат квантифицирани;
- множество на добро дефинирани активни ограничувања;
- множество на континуирани (бесконечни) активности;
- процес за добивање на информации (експлицитни или имплицитни) за идентифицираните цели (кои не се квантифицирани).

Општа математичка формулација на проблем со повеќецелно одлучување, најчесто се претставува во следниов облик:

$$\begin{aligned} \max \{ & f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x), p \geq 2 \} \\ g_i(x) & < 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ x & \geq 0 \end{aligned} \tag{3.7}$$

Каде се:

n – број на променливи, $j = 1, 2, \dots, p$;

p – број на функции на критериуми, $k = 1, 2, \dots, p$;

m – број на ограничувања;

$g_i(x)$ – ограничувања, $i = 1, 2, \dots, m$.

Во основа, под поимот повеќецелно одлучување се подразбира максимизација на функцијата на критериумот при дадени ограничувања. Од причина што критериумите на минимизација можат да се преведат во критериуми на максимизација, на пример за s -ти критериум важи:

$$\min f_s(x) = -\max\{-f_s(x)\}, \quad s \in \{1, 2, \dots, p\} \tag{3.8}$$

Кога сите функции и ограничувања се од линеарен облик (на пример, нека се со знак \leq), моделот на повеќецелното одлучување го има следниов облик:

$$\begin{aligned} \max\{f_k(x) = \sum_j c_{kj}x_j, \quad k = 1, 2, \dots, p; \quad p \geq 2\} \\ \sum_j a_{ij}x_j \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \tag{3.9}$$

Каде се:

$f_k(x)$ – функција на критериумот, $k = 1, 2, \dots, p$;

x – n -димензионален вектор на променливи x_j , $j = 1, 2, \dots, n$;

c_{kj} – коефициент на k -та функција за j -та променлива, $k = 1, 2, \dots, p$; $j = 1, 2, \dots, n$;

a_{ij} – параметар во i -то ограничување за j -та променлива, $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$;

b_i – слободен член во i -то ограничување, $i = 1, 2, \dots, m$.

3.2. Методи за повеќекритериумска оптимизација кои се најчесто применувани

Овде се издвоени најкарактеристичните методи за повеќекритериумска оптимизација и тоа: метода АНР, метода VIKOR, групата на методи ELECTRA и групата на методи PROMETHEE. Инаку истите спаѓаат во групата на методи од повеќекритериумското одлучување.

Метода VIKOR - Оваа метода е претставена од страна на Opricovic (1995). Името го добила од изразот орг: Visekriterijumskog Kompromisnog Rangiranja (VIKOR), односно во превод: повеќекритериумско компромисно рангирање. Повеќекритериумското рангирање со методата VIKOR се изведува врз основа на мерата на секоја алтернатива. Методата VIKOR предлага како повеќекритериумски најдобра алтернатива со дадена тежина, онаа која е на првата позиција на компромисната ранг-листа, под услов ако се исполнети следниве два услова:

- алтернативата да има „доволна“ предност над алтернативата на наредната позиција;
- алтернативата да има „доволно“ стабилна прва позиција со промена на вредноста на тежината, а стратегија на задоволување на мнозинството на критериуми.

Конечни резултати на методата VIKOR (ранг-листа) се следниве:

- компромисна ранг-листа - исполнети и двата услова;
- множество на компромисни решенија - неисполнет еден од условите.

Метода АНР - Методата на аналитички хиерархиски процеси е развиена од страна на Saaty (1980). Методата АНР е една од класичните методи на повеќекритериумската оптимизација, која дозволува решавање на комплексни проблеми со голем број на допуштени области, огромен број на критериуми и повеќестрани временски периоди. Областите на примена на методата АНР е повеќекритериумското оптимизирање и одлучување на основа на дефинирано множество на критериуми и алтернативи, при што се врши избор на најприфатлива алтернатива, односно се прикажува потполн поредок на значења на алтернативите во моделот. Во основа, примената на методата АНР се состои во следниве четири фази:

- структурирање на проблемот;

- собирање на податоци;
- оценување на релативните тежини;
- одредување на решенија на проблемот.

Метода ELECTRA - Под поимот метода ELECTRA се подразбира множество на методи за решавање на проблеми од повеќекритериумската оптимизација. Името ELECTRA е добиено од англискиот израз *Elimination and et choise translating reality*, што во превод значи *елиминација и реален преносен избор*. Оваа метода за прв пат ја презентирал Roy во 1971 год. Денес постојат повеќе варијанти на оваа метода. Најпознати се варијантите ELECTRA I, ELECTRA II, ELECTRA III и ELECTRA IV. Најнови и неодамна развиени варијанти се ELECTRA IS и ELECTRA TRI. Најмногу применувана варијанта (метода) е токму основната ELECTRA I, со која се врши делумно рангирање на алтернативите.

Методата ELECTRA II се користи во случаи на потполно рангирање на множеството на алтернативи. Оваа група на методи овозможува рангирање на множество решенија за дискретни проблеми и за разнородни критериумски функции. Моделите вклучуваат субјективни проценки, како преку вредностите на критериумските функции, така и преку релативните значења на поединечните критериуми. ELECTRA III, ELECTRA IV и останатите се т.н. методи од „висок“ ранг.

Метода PROMETHEE - Методата PROMETHEE е една од поновите методи во областа на повеќекритериумската оптимизација, при што е развиена во следниве варијанти и тоа: PROMETHEE I, PROMETHEE II, PROMETHEE III, PROMETHEE IV, PROMETHEE V и како понови верзии: PROMETHEE VI, PROMETHEE GDSS и PROMETHEE-GAIA. Името PROMETHEE го добила од англискиот израз *“Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations”*, што во превод значи *метода на преферентно организационо рангирање за дофатни вреднувања*. Основите на методите PROMETHEE ги дале J. P. Brans (1984), J. P. Brans и B. Marschal (1984), J. P. Brans и P. Vincke (1985) и B. Marschal (1985).

PROMETHEE I дава можност за делумен поредок на алтернативите. За разлика од методата PROMETHEE I, методата PROMETHEE II дава целосен поредок. Со методата PROMETHEE III се обезбедува рангирање во соодветните интервали и конечно со методата PROMETHEE IV се врши

повеќекритериумска оптимизација на непрекината низа на алтернативи. Методите PROMETHEE V, PROMETHEE VI и останатите се релативно нови и недоволно тестирани методи.

Основните предности на методата PROMETHEE во однос на останатите методи, а пред сè во однос на методата ELECTRA се следни:

- голема едноставност;
- со воведувањето на генерализираните критериумски функции се намалува субјективноста во одлучувањето;
- параметрите коишто се користат имаат свое економско објаснување и значење;
- придружните ефекти од рангирањето се потполно елиминирани.

3.2.1. Методи PROMETHEE I и PROMETHEE II

Основната карактеристика на методата PROMETHEE II - потполното рангирање на алтернативите ја класифицира оваа метода како една од најприфатливите методи за решавање на проблемите на повеќекритериумската оптимизација. Треба да се има предвид дека методата PROMETHEE II во однос на методата PROMETHEE I се разликува само во некои постапки со кои по парцијалното рангирање би се утврдил потполниот поредок на алтернативите.

Како и во останатите повеќекритериумски оптимизациони методи и кај методите PROMETHEE е можно посебно дефинирање на соодветните тежини за критериумите. Основна карактеристика на оваа метода претставува користењето на шест т.н. генерализирани критериуми (обичен критериум, квази критериум, критериум со линеарна преференција, ниво на критериум, критериум со линеарна преференција и подрачје на индиферентност и Gaussov критериум) за дефинирање на преференците на доносителот на одлуката, за конкретните критериуми на поставениот проблем. Доносителот на одлуката може да воведо нови типови на генерализирани критериуми и да ги искаже своите преференци во однос на соодветните критериуми. Во продолжение се дадени основите на методата PROMETHEE.

Фаза А. Дефинирање на моделот на повеќекритериумската оптимизација

Дефинирање на конкретниот модел на повеќекритериумската оптимизација со вредностите за секој j -ти критериум за секоја i -та алтернатива $f_j(A_i)$, $i = 1, 2, 3, \dots, m$, $j = 1, 2, 3, \dots, n$. На секој критериум f_j треба да му се придружи соодветен тежински коефициент w_j и тип на генерализираниот критериум g_j со потребните параметри, $j = 1, 2, 3, \dots, n$. Со помош на шесте генерализирани типови на критериуми може да се опфатат најголемиот број на реални случаи. Тежините на критериумите не мораат да бидат нормализирани. Во случај на критериуми со исто значење, се смета дека тежините имаат вредност $w = 1$ за случај на максимизација, односно $w = -1$ за случај на минимизација.

Фаза В. Дефинирање на проценетиот (фази) графикон од повисок ранг

Во оваа фаза се врши одредување на вредноста на функцијата на преференција $p_{isj} = P_j(A_i, A_s)$, во зависност од типот на генерализираниот критериум за секој пар на алтернативи (A_i, A_s) и секој критериум f_j ($i = 1, 2, 3, \dots, m$; $s = 1, 2, 3, \dots, m$; $i \neq s$; $j = 1, 2, 3, \dots, n$). Притоа се врши дефинирање на потребните параметри (q_j, r_j, σ_j) . Одредување на функцијата на преференција на алтернативата A_i во однос на алтернативата A_s за критериум f_j од типот на максимизација се врши според релацијата.

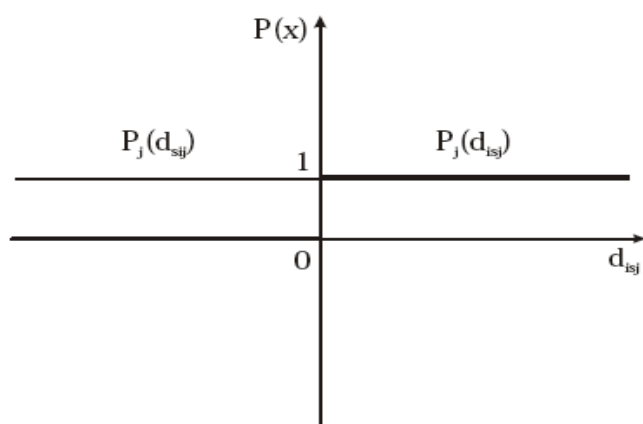
$$p_{isj} = P(A_i, A_s) = \begin{cases} 0, & \text{ако } f_j(A_i) \leq f_j(A_s) \\ P_j(d_{isj}), & \text{ако } f_j(A_i) > f_j(A_s) \end{cases} \quad (3.10)$$

Каде:

$$d_{isj} = f_j(A_i) - f_j(A_s) \text{ за секое } i, s, j \quad (3.11)$$

Генерализираните типови на критериуми, потребните параметри и индексите на преференција се прикажани во продолжение.

Тип I. Обичен критериум

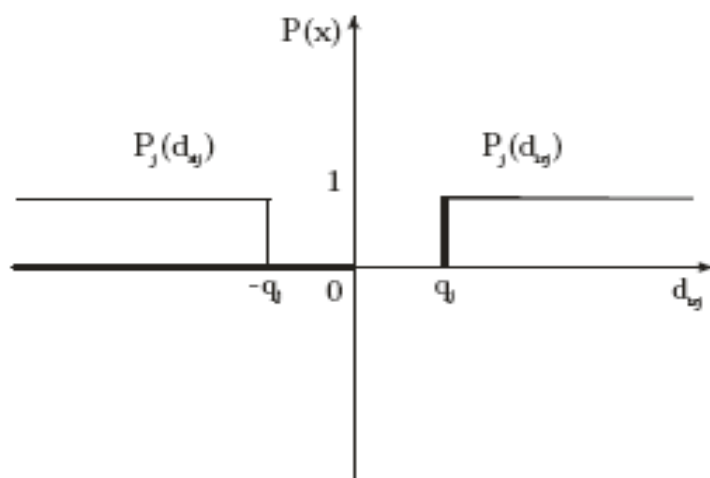


Слика 3.2.1. Функција на преференција за тип на критериум I

Figure 3.2.1. Function of preference for type of criteria I

$$P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{за } d_{isj} = 0 \\ 1, & \text{за } d_{isj} > 0 \end{cases} \quad (3.12)$$

Тип II. Квази критериум

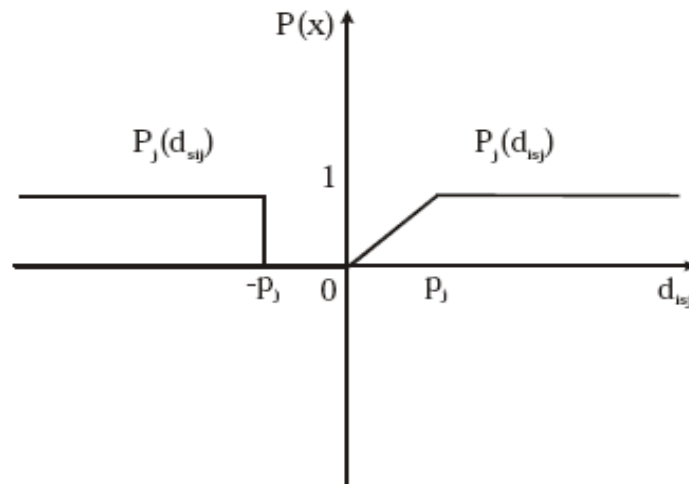


Слика 3.2.2. Функција на преференција за тип на критериум II

Figure 3.2.2. Function of preference for type of criteria II

$$P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{за } d_{isj} \leq q_j \\ 1, & \text{за } d_{isj} > q_j \end{cases} \quad (3.13)$$

Тип III. Критериум со линеарна преференција

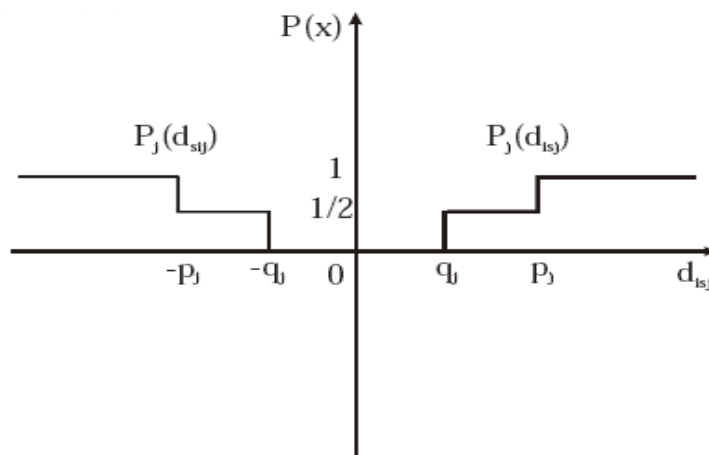


Слика 3.2.3. Функција на преференција за тип на критериум III

Figure 3.2.3. Function of preference for type of criteria III

$$P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{за } d_{isj} \leq 0 \\ d_{isj} / p_j, & \text{за } 0 < d_{isj} \leq p_j \\ 1 & \text{за } d_{isj} > p_j \end{cases} \quad (3.14)$$

Тип IV. Ниво критериум

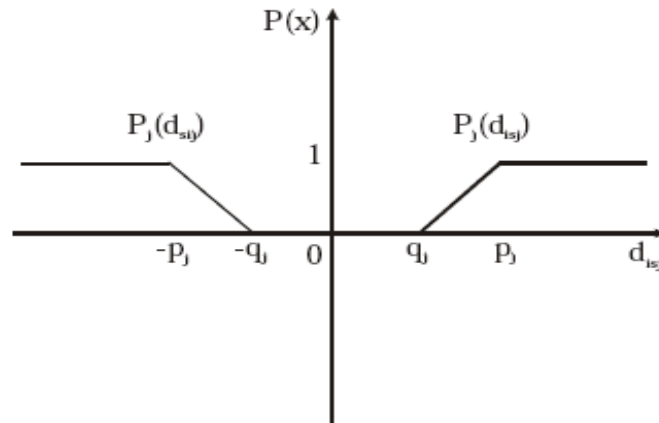


Слика 3.2.4. Функција на преференција за тип на критериум IV

Figure 3.2.4. Function of preference for type of criteria IV

$$P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{за } d_{isj} \leq q_j \\ 1/2, & \text{за } q_j < d_{isj} \leq p_j \\ 1 & \text{за } d_{isj} > p_j \end{cases} \quad (3.15)$$

Тип V. Критериум со линеарна преференца и област на индиференција

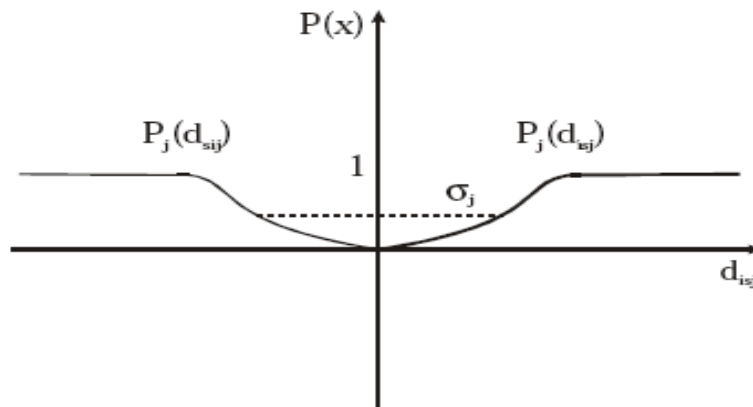


Слика 3.2.5. Функција на преференција за тип на критериум V

Figure 3.2.5. Function of preference for type of criteria V

$$P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{за } d_{isj} \leq q_j \\ (d_{isj} - q_j) / (p_j - q_j), & \text{за } q_j < d_{isj} \leq p_j \\ 1 & \text{за } d_{isj} > p_j \end{cases} \quad (3.16)$$

Тип VI. Гаусов критериум



Слика 3.2.6. Функција на преференција за тип на критериум VI

Figure 3.2.6. Function of preference for type of criteria VI

$$P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{за } d_{isj} = 0 \\ 1 - e^{-d^2 / 2\sigma^2}, & \text{за } d_{isj} > 0 \end{cases} \quad (3.17)$$

Од графиконите на функциите се гледа дека симетричноста на функциите за пар на алтернативи A_i и A_s при споредувањето (A_i, A_s) и обратно (A_s, A_i) , односно важи:

$$\begin{aligned} disj &= - d_{sij} \\ P_j(d_{isj}) &= - P_j(d_{isj}) \end{aligned} \quad (3.18)$$

Фаза С. Дефинирање на индексот на преференции

Дефинирањето на индексот на преференции се врши за секој пар алтернативи (A_i, A_s) , со дадена мера на преференција A_i спрема A_s во вкупниот износ и со вклучување на карактеристиките на одделните критериуми (тип, параметри, тежински коефициенти), $i = 1, 2, 3, \dots, m$; $s = 1, 2, 3, \dots, m$; $i \neq s$.

$$\pi_{is} = \Pi(A_i, A_s) = \begin{cases} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_j(A_i, A_s) & \text{критериер. со истиа важност} \\ \sum_{j=1}^n P_j(A_i, A_s) & \text{критериер. имаат тежини } w_j \end{cases} \quad (3.19)$$

За анализа може да се користи и поимот проценет графикон од висок ранг, чии јадра се допуштените алтернативи. За секој пар (A_i, A_s) соодветниот лак има вредност на нивниот индекс на преференција π_{is} .

Фаза D. Одредување на влезен, излезен и нето тек

Во проценетиот графикон од висок ранг се одредува влезниот и излезниот тек за секое јадро. Притоа се разгледуваат индексите на преференција на јадрата за алтернативата A_i во однос на останатите јадра на алтернативата A_s , $i = 1, 2, 3, \dots, m$; $s = 1, 2, 3, \dots, m$; $i \neq s$. Нето тек е разлика помеѓу влезниот и излезниот тек. Во продолжение се дадени математичките формулации на овие поими:

Влезен тек на јадрата на алтернативата A_i :

$$\Phi^+(A_i) = \sum_{s=1}^m \pi_{is} \quad \text{за } i = 1, 2, 3, \dots, m; \quad s = 1, 2, 3, \dots, m; \quad i \neq s \quad (3.20)$$

Излезен тек на јадрата на алтернативата A_i :

$$\Phi^{-}(A_i) = \sum_{s=1}^m \pi_{is} \quad \text{за } i = 1, 2, 3, \dots, m; \quad s = 1, 2, 3, \dots, m; \quad i \neq s \quad (3.21)$$

Нето тек на јадрата на алтернативата A_i :

$$\Phi(A_i) = \Phi^{+}(A_i) - \Phi^{-}(A_i) \quad \text{за } i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (3.22)$$

Со анализа е утврдено колку е поголем излезниот тек, толку алтернативата A_i доминира над останатите алтернативи, а колку што е помал влезниот тек толку е и помал бројот на останатите алтернативи што доминираат над A_i . Кај нето текот важи: колку е поголем, толку алтернативата A_i има повисок ранг во поредокот.

❖ МЕТОДА PROMETHEE I

Досега образложеното за методата PROMETHEE се однесуваше за сите варијанти на оваа метода. Во продолжение се дадени специфичностите на варијантата PROMETHEE I, односно фазата E-I ("I" - се однесува на варијантата на методата PROMETHEE I).

Фаза E-I. Дефинирање на делумен поредок на алтернативите

Најнапред се дефинираат првите два потполни поредоци на алтернативите (P^+, I^+) и (P^-, I^-) :

$$\begin{cases} A P^+ B & \text{ако } \Phi^+(A) > \Phi^+(B) \\ A P^- B & \text{ако } \Phi^-(A) < \Phi^-(B) \end{cases} \quad (3.23)$$

Изразот AP^+B значи дека алтернативата A преферира над алтернативата B по влезниот тек, односно изразот AP^-B значи дека алтернативата A преферира над алтернативата B по излезниот тек.

$$\begin{cases} A I^+ B & \text{ако } \Phi^+(A) = \Phi^+(B) \\ A I^- B & \text{ако } \Phi^-(A) = \Phi^-(B) \end{cases} \quad (3.24)$$

Изразот AI^+B значи дека алтернативите A и B се индиферентни меѓусебе спрема влезниот тек и AI^-B - алтернативите A и B се индиферентни меѓусебе спрема излезниот тек. Пресеците на овие два потполни поредоци ги одредуваат делумните поредоци на алтернативите (P^I, I^I, R) :

$$\left. \begin{array}{l} A \text{ има по̀голем ранг} \\ \text{од } B \end{array} \right\} (A P^I B) \text{ ако } \begin{cases} A P^+ B \wedge A P^- B \\ A P^+ B \wedge A I^- B \\ A I^+ B \wedge A P^- B \end{cases} \quad (3.25)$$

$$\left. \begin{array}{l} A \text{ индиферентна} \\ \text{со } B \end{array} \right\} (A I^I B) \text{ ако } \{A I^+ B \wedge A I^- B\}. \quad (3.26)$$

$$A \text{ и } B \text{ не се според.} \} (A R B) \text{ ако } \{ \text{во сийе осн. случаи} \}. \quad (3.27)$$

На овој начин се одредува делумната релација помеѓу алтернативите, односно е извршено делумно рангирање во случаите кога алтернативите се споредливи (постои дури и можноста некои од алтернативите да не се споредливи).

❖ МЕТОДА PROMETHEE II

Специфичностите на методата PROMETHEE II се дадени во фазата Е-II.

Фаза Е-II. Одредување на поредок на сите алтернативи - рангирање на алтернативите

Рангирањето на алтернативите се врши врз основа на нето текот. При разгледувањето на секој пар на алтернативи (A_i, A_s), $i=1, 2, 3, \dots, m$; $s = 1, 2, 3, \dots, m$; $i \neq s$; постои само една од две можности:

$$A_i \text{ има повисок ранг од } A_s \text{ (} A_i P^I A_s \text{) ако е } F(A_i) > F(A_s) \quad (3.28)$$

$$A_i \text{ е индиферентна со } A_s \text{ (} A_i I^I A_s \text{) ако е } F(A_i) = F(A_s)$$

Во случаите кога постојат индиферентни алтернативи A_i и A_s , се формираат варијанти на ранг-листи на сите алтернативи со комбинирање на положбата на паровите на индиферентните алтернативи на листата (еднаш A_i пред A_s , вторпат A_s пред A_i).

3.3. Изработка на моделот

Адаптирајќи ги условите за моделирање на процесот на одлучување при донесување на одлука за оптимален, процесот на одлучување може да се прикаже преку следниве фази (сл. 3.3.):

1. *Евидентирање на проблемот* - прва фаза со која се врши евидентирање од множеството на проблеми;

2. *Рангирање на проблемот* - нормално е секој проблем да нема ист приоритет во решавањето било тоа да е временски, во однос на сложеноста на решавањето, обемот на работите итн.;

3. *Дефинирање на проблемот* - во оваа фаза се извршува дефинирање (востановување) на сите елементи на проблемот;

4. *Влезни информации* - формирање врз база на податоци (информации) за дефинираниот проблем;

5. *Предвидување на иднината* - имајќи предвид дека донесената одлука за третирањето на проблемот ќе се применува во иднината, потребно е вклучување на оваа фаза како една од најзначајните, иако многу автори истата ја запоставуваат, односно не ја третираат во решавањето на процесот на одлучување;

6. *Дефинирање на моделот* - фаза во која се врши дефинирање на моделот на процесот на одлучување врз основа на претходните фази;

7. *Моделирање* - решавање на моделот (проблемот). Се мисли на одредување на дискретен (нумерички) или аналоген начин на решавање на проблемот (моделот) со примена на соодветни методи и техники на моделирање;

8. *Вреднување на резултатите* - фаза на споредување на добиените резултати со очекуваните резултати од реалните системи и нивно оценување;

9. *Донесување на одлука* - фаза на одлучување на алтернативното решение добиено со моделирањето, т.е. донесување одлука: се прифаќа или не, или пак е потребна соодветна адаптација на истото;

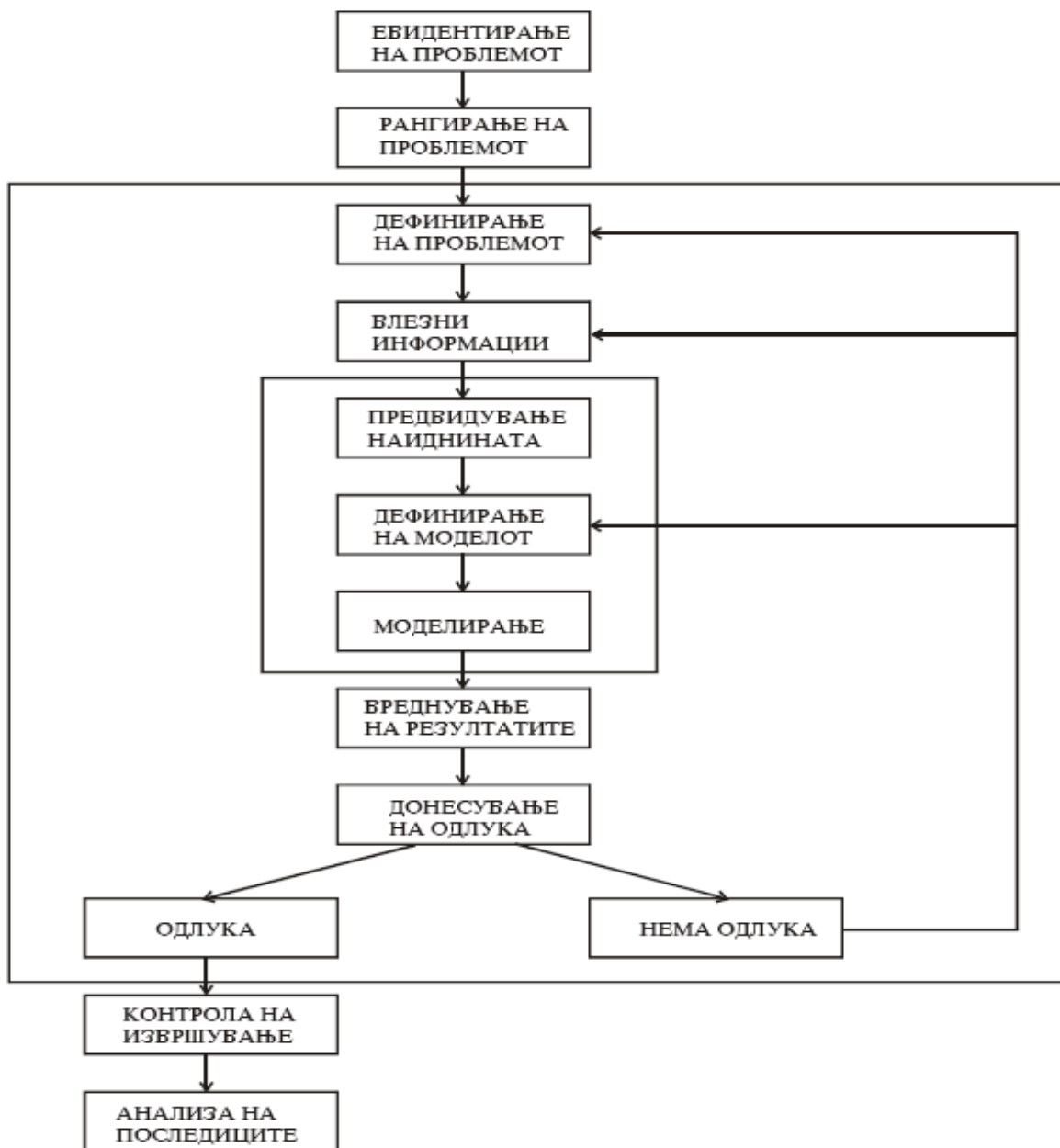
10. *Одлука / нема одлука* - фаза на извршување на одлуката во случај ако ја има или не. Во случај да нема одлука, можно е нејзино повторно комплетно или делумно решавање - враќање во системот;

11. *Контрола на извршување* - кога ќе се донесе конечната одлука тогаш

посебно внимание треба да се посвети на контролата на нејзиното извршување.

12. *Анализа на последиците* - фаза во која треба да се изврши анализа на последиците од извршувањето на одлуката врз реалните системи.

Во случај ако последиците постојат, тогаш е потребно да се направат анализи за нивно отстранување со цел во понатамошниот процес на одлучување истите да не се повторат во некоја слична ситуација.



Шема 3.3. Фази на процесот на одлучување

Scheme 3.3. Stage of the process of decision-making

4. АНАЛИЗА НА ПОСТОЈНИТЕ СИСТЕМИ ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ПК ПЈС

Со оглед на тоа што ПК „Суводол“ е со долгогодишно искуство (од околу 30 години), со новоистражените наоѓалишта и нивното отворање се наметнува потребата од реконструкција на овој коп, а со тоа и реконструкција на постојната опрема, односно нејзина прераспределба. Во ова поглавје ќе бидат анализирани техничко-технолошките можности на постојната опрема, како и резултатите од нивните остварувања, можноста за нивно понатамошно користење и други битни карактеристики кои влијаат за дефинирање и решавање на проблемот. Во ова поглавје исто така ќе бидат анализирани основните карактеристики на наоѓалиштето за јаглен ПЈС, потребните активности за негово отворање, со краток осврт кон технологијата за експлоатација, која главно е и тема на расправа во овој труд. Годишниот капацитет на откривката е во директна зависност од оконтурените маси јаловина, капацитетот на јагленот, извршената висинска распределба на масите јаловина, како и од другите рударско-технолошки услови на експлоатација.

Во ограниченото поле на ПЈС вкупните експлоатациони количини на јаглен изнесуваат 50.000.000 t и јаловина од 220.000.000 m³, со загубите на јагленовиот слој при експлоатацијата од $K_z=6,68\%$. Очекуваната долна топлотна вредност (ДТВ) на јагленот е 7.452 kJ/kg, со разблажување на квалитетот на јагленот од 1,5 % како резултат на содржината на меѓуслојната јаловина (со просечната дебелина во целото лежиште од околу 0,20 m), која не може селективно да се откопува. Просечниот коефициент на откривка во ограничување на експлоатационото поле на површинскиот коп од подинската јагленова серија на Рудникот „Суводол“ изнесува $k_o=4.4 \text{ m}^3/\text{t}$, во третирана зона на фигурата на отворање и развој, просечниот коефициент на откривка на јагленот е $k_o=3,15 \text{ m}^3/\text{t}$. Во оваа магистерска работа ќе биде третирана зоната на формирање на фигурата на отворање, односно првите пет години од развојот на ПК ПЈС.

4.1. Основни карактеристики на локалитетот и пошироката околина

Природните фактори на наоѓалиштето, обично го стеснуваат изборот на основните производни машини (ограничување поради техничко-технолошките карактеристики на машината), за да може да се согледаат условите за работа на основната опрема во работната средина, во ова поглавје се дадени природните карактеристики на ПЈС.

4.1.1. Географска лоцираност и сообраќајни комуникации на ПК „Суводол“

Лежиштето „Подинска јагленова серија“ (ПЈС) како подлабок дел од лежиштето „Суводол“ се наоѓа 15 km источно од Битола, во атарите на селата Суводол, Врањевци, Биљаник и Агларци. ПК „Суводол“, односно лежиштето ПЈС, е поврзано со асфалтен пат од втор ред со Битола. Географската лоцираност и сообраќајната поврзаност на лежиштето со регионалната сообраќајна и комуникациска инфраструктура на комплексот рудник, како и комуникационата инфраструктура на комплексот Рудник и ТЕ - Битола е даден во поглавје прилози (прилог 1 и прилог 3).

4.1.2. Категоризација на резервите на јаглен од ПЈС

Наоѓалиштето на ПЈС „Суводол“ се простира на површина од 3.037.653m².

Пресметките на вкупните геолошки резерви на Подинската јагленова серија се направени според Правилникот за класификација и категоризација на цврсти минерални сировини, Сл.лист 53/79 и се класифицирани во I група, II подгрупа, во истражениот простор на ова наоѓалиште се пресметани следниве категории на геолошки резерви на јаглен (табела 4).

Табела 4. Рекапитулација на вкупните геолошки резерви на јаглен, на ПЈС

Table 4. Recapitulation of the total geological reserves of coal, UCS

Категорија на резерви Category of reserves	Геолошки резерви на јаглен [t] Geological reserves of coal		Разлика [%] Difference
	Применета метода за пресметка Applied method		
	Паралелни профили Parallel profiles	Блокови Blocks	
А категорија Category A	42.927.720	42.870.248	0.14
Б категорија Category B	10.303.630	10.584.668	2.66
Вкупно: A + B Total: A + B	53.231.350	53.454.916	0.42
Ц ₁ категорија Category C ₁	01.136.928	01.110.934	2.29
Вкупно: A + B + C₁ Total: A + B + C₁	54.368.278	54.565.850	0.36

4.1.3. Геолошки карактеристики на работната средина

Врз основа на податоците на користената литература, собрани од геолошките истражувања, подрачјето на Површинскиот коп ПЈС е изградено од гнајсеви од прекамбриумска и рифејкамбриумска старост, плиоценски и квартерни седименти. Под продуктивниот слој (ГЈС) на лежиштето „Суводол“ постојат повеќе слоеви на јаглен со различна дебелина, протегање, длабочина и квалитет. Просторно оваа јагленова серија се наоѓа во внатрешноста, под отворениот површински коп т.н. Подинска јагленова серија (ПЈС). Врз основа на резултатите од истражното дупчење во рамките на плиоценската серија се издвоени три комплекси:

- Базална (подинска) серија, која е изградена од песоци, прашиности песоци и песокливи алеврити (прашини) со прослојки на глина, јаглениви и песокливи глини со различна дебелина;
- Продуктивна јагленосна серија;
- Покривен (т.н. кровински) комплекс, кој лежи директно преку главниот јагленов слој и е изграден од плиоценски сиви глинци на трепел (Тр),

ситнозрнести до среднозрнести песоци (PPR), чија максимална дебелина се движи до околу 90 m.

ПЈС е изградена од песокливо-алевритски седименти со 1 до 18 слоеви на јаглен. Вкупната дебелина на серијата се движи од 0,40 до 39,20 m. Генерално гледано во рамките на подинската јагленова серија (ПЈС) се издвоени два јаглениви слоја:

- втор подински јагленов слој;
- прв подински јагленов слој.

Првиот подински слој се карактеризира со релативно мала дебелина од 0,80 до 4,50 m.

Вториот јагленов слој (главен јагленов слој од ПЈС) се наоѓа на поголема длабочина и од првиот јагленов слој е одвоен со серија на прашинести песоци. За разлика од претходниот слој има континуирано распространување, со променлива дебелина и во одредени делови раслојува на повеќе слоеви. Врз основа на презентираниите специфични карактеристики за ПЈС, може да се констатира дека дебелината на поединечните јаглениви слоеви се движи во границите од 0,4 до 39,2 m, додека релативната длабочина на залегнување на продуктивната формација се движи од 5 m на север, 105 m во централниот, односно 112 m во западниот дел од наоѓалиштето. Раслојувањето на јагленивиот слој почнува во северниот дел кон северозапад, каде што се зголемува бројот на прослојки на јаглен. Во западниот, јужниот и источниот дел од усекот за отворање овој слој е единствен и се приближува кон главниот јагленов слој, а во крајниот југоисточен дел се спојува со него во единствен јагленов слој. Во основите на проектирањето, лежиштата за експлоатација по својот состав ги делиме на:

- *хомогени* - кога е составено од еден вид на билансна компонента и подложи на масовно откопување, односно добивање на корисната компонента;
- *сложени* - кога во составот покрај билансен вид содржи и вонбилансни видови или прослојки, односно друг вид јаловина, со јасно изразен контакт во чиј случај е потребно селективно откопување, во овој тип на лежишта спаѓа и ПЈС.

4.1.4. Инженерско-геолошки карактеристики на работната средина

Инженерско-геолошките карактеристики на теренот, во зоната на формирање на фигурата на отворање на ПК ПЈС, се дадени врз основа на Елаборатот за хидрогеолошки и инженерско-геолошки истражувања на ПЈС во ПК „Суводол“.

Подрачјето на фигурата на отворање, односно првите пет години од развојот на ПК ПЈС, е изградено од: гнајсеви (Gn) од прекамбриумска и рифејкамбриумска старост, плиоценски (Pl) и квартерни седименти (Q). Морфолошките карактеристики на теренот во потесната зона на усекот за отворање се, во најголем дел, детерминирани со техногени фактори, односно со рударски активности. Во контурата на усекот за отворање котите на површината на теренот се од +530 до +630 m. Наклонот на палеорелјефот е, според расположливите податоци од 2° до 30°, во пределот на усекот за отворање, во зоната на езерските седименти. Западната косина на ПК ПЈС ќе биде формирана во мусковитско-биотитски гнајсеви (Gn), а во одредени зони и во микашисти (Sm). Овие карпести маси се во најголем дел површински изменети-грусифицирани. Во крајниот северозападен и западен дел од фигурата на отворање, во подината е констатиран компактен гнајс, во останатите делови гнајсот и микашистите се со различен степен на дезинтегрираност. Овие *цврсти карпести маси* се поделени со сингенетски и тектонски дисконтинуитети-пукнатини и раседи.

Плиоценска јагленосна серија - во најголем дел е изградена од: песок, прашинест песок, алевролити (прашина), песокливи алевролити, сиви глинци (трепели) и слоеви од јаглен. Врз основа на истражното дупчење во рамките на плиоценската серија се издвоени три комплекси:

- базална (подинска) серија;
- продуктивна јагленосна серија и
- покривен (т.н. кровински) комплекс.

Базална (подинска) серија - Изградена е од песок, прашинест песок и песокливи алевролити (прашина) со прослојки на глина, јагленовити и песокливи глини со различна дебелина. Овие седименти се наоѓаат во подината на продуктивниот слој, односно вториот подински јагленов слој и му припаѓаат на

комплексот на *неврзани и слабо врзани карпести маси*. Оваа серија е со изразено хетерогени својства и е, главно, неповолна средина, што е условено од присуството на вода и пластични глини. Заради тоа е најдобро да се отстранат и западната косина од усекот да се формира во гнајс.

Продуктивна јагленосна серија - котите на покривот (т.н. кровина) на вториот подински јагленов слој се од +489,60 m, каде што дното на синклиналата е до +602,20 m, каде што се наоѓа темето на антиклиналата. Подината на јагленовиот слој е согласна со покривот (т.н. кровина) и се движи од +472,60 m во северниот дел на усекот за отворање, до +594,60 m во крајниот северозападен дел.

Дисконтинуитетите се застапени во јагленот, преку присуство на раседи, меѓуслојни, кливажни и поретко пукнатини на смолкнување. Карактеристично е што издвојувањата во јагленот долж меѓуслојните пукнатини се движат најчесто од 200 до 600 mm. Според овие растојанија, јагленот може да се класифицира во класа на *средно испукани карпи*. Пукнатините се главно стиснати, а издвојувањата се забележливи дури по губење на природната влажност. Овие резултати одговараат на класата на полукаменити карпести маси.

Слабо врзаните карпести маси се застапени во вид на разни вариетети на јагленови глини (JG) и глиновити прашини (GPR). Најчесто се јавуваат во вид на прослојки, во покривот (т.н. кровина) на јагленовиот слој, во прослоените делови и подината. Според резултатите од лабораториските испитувања, тоа се кохерентни седименти од групите на средно и високо пластични органски седименти. Од инженерски аспект, јагленовата глина е значајна од аспект на ниските јакостни карактеристики и нејзината склоност кон бабрење.

Покривен (т.н. кровински) комплекс - лежи директно преку главниот јагленов слој и е изграден од плиоценски сиви глинци на трепел (Tr), ситнозрнести до среднозрнести песоци (PPR), чија максимална дебелина се движи до околу 90 m. Имено, застапени се различни вариетети на песокливи и прашинести седименти, кои заради честите хоризонтални и вертикални преоди се третираат како *комплекс на прашинесто-песокливи творби* (PPR). Констатирани се во длабочина на целиот истражен простор, како во покривот (т.н. кровина) на подинската серија, во деловите на нивното раслојување, така и под слоевите на јаглен. Основна карактеристика им е честата промена на

составот, при што *песокливите делови се сметаат како неврзани*, но *прашинестите вариетети може да се сметаат како слабо врзани карпи*. Тоа се добро до средно збиени сивкасти седименти. Трансгресивно преку плиоценските се наоѓаат: квартален песок, прашинест песок, глина и црвеница и делувијални глиновито-песокливи депозити.

Геолошки и инженерско-геолошки процеси и појави во делот од теренот, во кој се предвидува изведување на усекот, во природни услови е стабилен. Меѓутоа, во услови на изведување на работи, како што е веќе напомнима, во деловите на косината која ќе ги сечи старите суводолици, можат да се јават локални лизгања. Исто така се можни појави на бабрење на јагленовата глина и заглинетите прашини, со оглед дека се наоѓаат на големи длабини. За ова постојат материјални предуслови (нивната висока пластичност). Овој процес може да биде поизразен само во фаза на ископ при ослободување од напоните во близина на ископот, што треба да се има предвид. Друг можен процес е идната суфозија на песокливо-прашинестите седименти, пред сè кај идните водособирни објекти. Имено, овие објекти треба да бидат проектирани на начин со кој ќе бидат задоволени проектните критериуми, со цел ваквата појава да биде минимизирана, а објектите да бидат во функција што е можно подолго.

4.1.5. Климатски и фактори на работната средина

Од климатски аспект, врз база на досегашните статистички податоци може да се каже дека подрачјето има континентална клима. Според регистрираните резултати од анализите на врнежи на метеоролошката станица во Битола, веројатноста за појава на еднодневни врнежи за 50-годишен повратен период изнесува 84,56 mm, а за 100-годишен повратен период изнесува 95,06 mm.

Веројатноста за појава на едночасовни врнежи за 50-годишен повратен период изнесува 47,92 mm.

Просечната годишна температура на воздухот за период од 1971 до 2004 година изнесува 11,3⁰C, а екстремните температури се од -30,4⁰C до +41,2⁰C.

4.1.6. Хидрогеографски фактори на работната средина

Во подрачјето на лежиштето „Суводол“ не е изразена хидрографската мрежа. Карактеристични водотеци од повремени буичен карактер се: Суводолска Река, Маковски, Ораховски, Горносуводолски, Параловски и Врањевски Поток. На северниот и североисточниот дел од лежиштето, на Суводолска Река е изградена вештачка акумулација за заштита на ПК „Суводол“ од површински води и снабдување на РЕК Битола со технолошка вода.

По источната граница од лежиштето „Суводол“ е изграден одводен канал од Суводолската брана до селото Враневци за прифаќање на буични води од периферните планини. Димензиите на каналот се: ширина 2-3 m во дното, 4-5 m на површина и длабочина од околу 3 m. Јужно и југозападно од границата на лежиштето „Суводол“, на растојание од преку 10 km протекува Црна Река.

4.1.7. Хидрогеолошки фактори на работната средина

Кај овие анализи се користени податоци од Елаборатот за хидрогеолошки и инженерско-геолошки истражувања на подинската јагленова серија на ПК „Суводол“ (2005) и Елаборатот за изведените пет експлоатациони бунари за одводнување на ПК од површински и подземни води „Суводол“ (2008) (Градежен институт „Македонија“ Скопје). Согласно со елаборатите и проектите на просторот на усекот за отворање на ПК ПЈС се издвојуваат следниве хидрогеолошки целини:

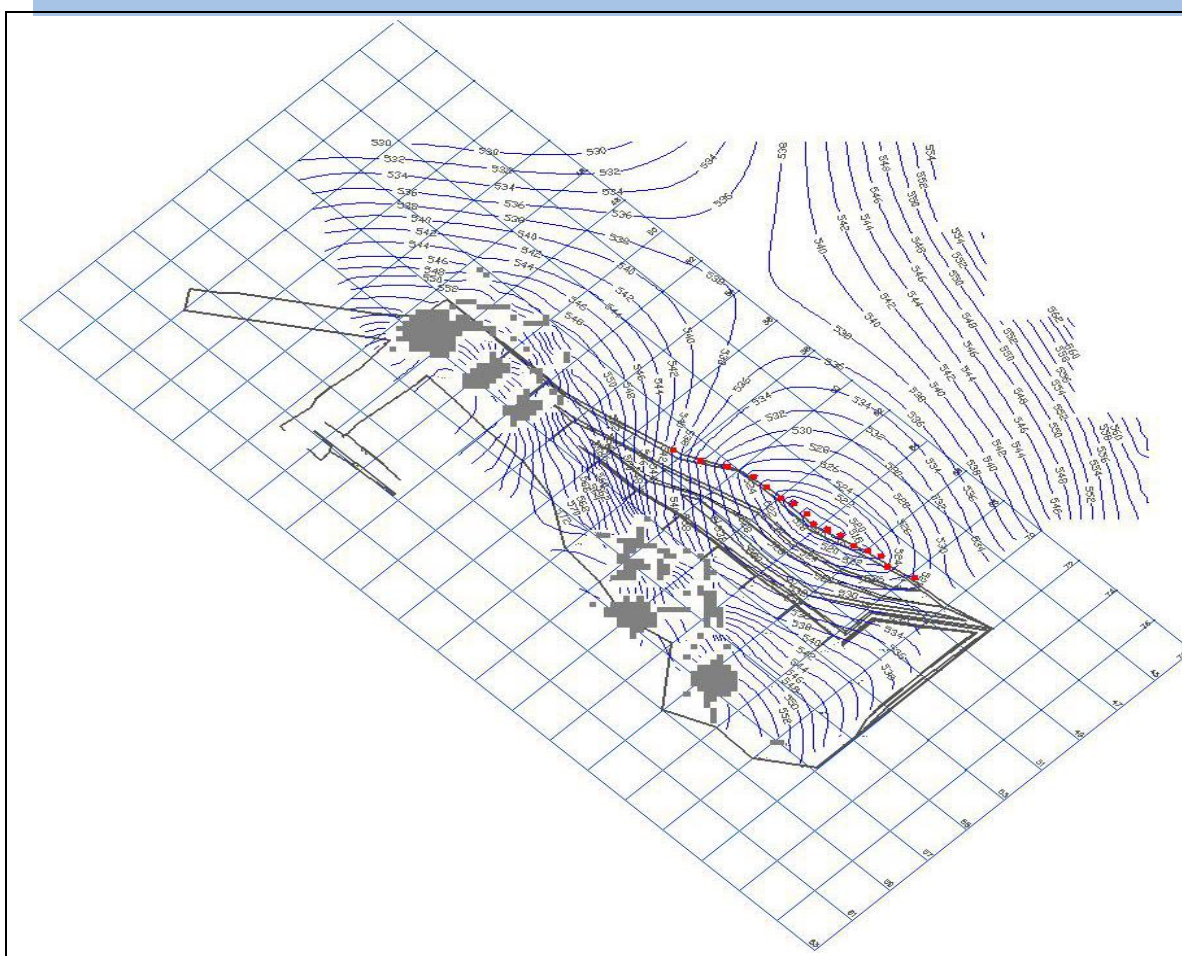
Покривен (т.н. кровински) издан (К) формиран во прашиности песоци со хетерогена гранулација и песокливи прашини. Вредноста на коефициентот на филтрација кај овие партии на песоци е околу $4 \cdot 10^{-4}$ m/s. Вредностите на коефициентот на филтрација на другите литолошки членови на комплексот се далеку помали и се движат во вредности од $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ m/s. Со рударските работи на ПК „Суводол“ овој хидрогеолошки комплекс е отворен.

Меѓуслоен издан 2 (M₂) е формиран во прашиности песоци со различна гранулација и во песокливи прашини. **Меѓуслоен издан 1 (M₁)** е формиран во прашиности песоци со различна гранулација и во песокливи прашини. Вредноста на коефициентот на филтрација на седиментите од овој комплекс е помал од $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Подински издан (П) е формиран во грус од гнајс и прашинести песоци кои се наоѓаат во непосредната подина на јагленовата серија. Вредноста на коефициентот на филтрација на прашинестите песоци е околу $4\cdot 9\cdot 10^{-5}$ m/s, а на грусот како основа на гранулација околу $1\cdot 10^{-4}$ m/s ПЈС.

Во изработката на усекот за отворање влијае покривниот (т.н. кровински) издан, кој е формиран во прашинестите песоци со хетерогена гранулација и со леќи од ситнозрнести до крупнозрнести песоци. За изработка на усекот е потребно да се намали пиезометриското ниво на најниска кота на усекот, околу +515 m. За заштита на копот од површински и подземни води со одводнување треба да се почне пред отворањето на ПЈС, со цел да се спушти нивото на подземни води на предвидената длабочина со проектот.

Предодводнувањето на покривниот (т.н. кровински) издан е планирано со изработка на 16 бунари по источната граница на внатрешниот усек, на меѓусебно растојание од 40 до 70 m. Прво треба да се направат експлоатационите бунари, бидејќи е потребен долг период од 1 до 2 години за одржување и стабилизирање на подземните води (слика 4.1.) на пиезометриското ниво на покривниот (т.н. кровински) издан во зоната на усекот за отворање на ПК ПЈС. Паралелно со експлоатационите бунари треба да се направат и ободните и заобиколни канали за целосно зафаќање и одводнување на површинските води. За да може да се реализираат понатамошните предвидувања и планирања за експлоатација на ПЈС мора да биде исполнет условот за одводнување на овој коп.



Слика 4.1. Карта на пиезометриско ниво на покривниот (т.н. кровински) издан во зоната на усекот за отворање на ПК ПЈС по 24 месеци

Figure 4.1. Map of piezo metric level of rooftop source in zone of suffers after 24 months

4.1.8. Геомеханички карактеристики на работната средина

Врз основа на изведените теренски истражувања и лабораториски испитувања и од доставената документација, од геомеханичките податоци прикажани во анализираната документација - Елаборат за геомеханички истражни работи и испитувања на подинската јагленова серија во ПК „Суводол“, Градежен институт „Македонија“, Завод за геотехника, Скопје, 2005, усвоени се следниве пресметковни параметри за литолошките членови на ПЈС, дадени во табели 4.2. и 4.3.

Табела 4.2. Пресметковни параметри за одделни литолошки членови

Table 4.2. Calculative parameters for certain lithological members

Материјал Material	Зафатнинска тежина γ (kN/m ³) Volumetric weight	Кохезија с (kN/m ²) Cohesion	Агол на внатрешно триење ϕ (°) Internal friction angle
Јаглен Coal	12,80	98,00	30,00
Глиновит комплекс Clay complex	18,02	15,65	19,56
Праш.-песокл. компл. Dust-sand complex	19,31	9,93	23,70
Грус Decayed material	21,60	0,00	26,00
Гнајс Gneiss	24,50	220,00	38,00

Табела 4.3. Јакоста на режење на литолошките членови на ПК ПЈС

Table 4.3. Strength of the cutting lytological environment of surface mine UCS

Реден број No	Литолошка средина Lytological environment	Јакост на режење Strength of the cutting (N/cm zuba)
1.	Одложена јаловина „0“ одлагалиштето Deponed mullock “0” landfill	200 – 300
2.	Песочна глина со облици на кварц Sandy clay with forms of quartz	650 – 800
3.	Сиви глинци – трепели Grey clay - trepeli	400 – 600
4.	Комплекс песоци и прашина Complex sand and dust	400 – 600
5.	Комплекс глини и глиновити прашини Complex clay and clay dust	650 – 850
6.	Јагленова глина Coal clay	670 – 850
7.	Јаглен Coal	600 – 1000
8.	Грусиран материјал со парчиња гнајс Decayed material with pieces of gnaiss	600 – 800

4.2. Планирана динамиката на експлоатација на јаглен од ПЈС во спрег со ПЕ „Рудници“

Вкупно билансно-експлоатационите резерви на јаглен се изразуваат преку оптималните годишни капацитети и временскиот период на експлоатација на објектите и експлоатационите загуби. Квалитетот на резервите на јаглен е значаен фактор кој влијае врз техно-економската оправданост за отворање и експлоатација на наоѓалиштата, како и во процесот на согорувањето и производството на електрична енергија, што влијае на степенот на корисност на термоенергетските постројки и нивно времетраење. За да се овозможи реално планирање на расположливиот потенцијал на енергенсот-јаглен, поставена е подолгорочна развојна стратегија на оптималните годишни капацитети на експлоатација и временска динамика на нивното користење во наредните години. Според стратегијата за производство на електрична енергија на Р. Македонија, во иднина се очекува производство на јагленовиот енергенс од рудниците на:

- ПК „Суводол“ - ГЈС кој е во завршна фаза на експлоатација со вкупни експлоатациони резерви од 20.0×10^6 тони јаглен, заклучно со 1 март 2010 година;

- ПК „Суводол“ - подинска јагленова серија – со вкупни експлоатациони резерви од 50.0×10^6 тони јаглен;

- ПК „Брод-Гнеотино“ - со вкупни експлоатациони резерви од 31.25×10^6 тони јаглен.

Со отворање на новите лежишта и спрег на работа на трите површински копа, нивните проектирани капацитети за производството на јаглен да се распределат така што ќе обезбедат работа на ТЕ „Битола“ со полн капацитет до крајот од експлоатацијата, со цел да се постигне:

- продолжување на работниот век, зачувување на потребниот годишен проектиран капацитет на ТЕ Битола 1, 2 и 3 и обезбедување на потребната количина на топлина за континуирана работа на ТЕ „Битола“ со инсталирана снага од 3×225 MW, односно 675 MW;
- со хармонизација на работата на овие три површински копа ќе дојде до подобрување на квалитетот на јагленот, оваа оценка и заклучок почиваат на фактот дека ПК „Суводол“ има јаглен со подобра топлотна вредност, за

разлика од ПК „Суводол“, површинските копови „Брод Гнеотино“ и ПЈС имаат јаглен со послаб квалитет

- при заедничкото производство на трите копа ќе доведе до уедначување и подобрување на коефициентот на откривка, бидејќи ПК „Суводол“ има поволни лежишни услови, има мал коефициент на откривка $k_{от} = 0,625 \text{ m}^3/\text{t}$, а површинските копови „Брод Гнеотино“ и ПЈС имаат значително потешки лежишни услови за експлоатација, со значително понеповолни коефициенти на откривка. Површинскиот коп „Брод Гнеотино“ има среден коефициент на откривка $k_{от} = 8,48 \text{ m}^3/\text{t}$, додека за ПК ПЈС средниот коефициент на откривка изнесува $k_{от} = 4,4 \text{ m}^3/\text{t}$.

Динамиката за обезбедување на просечната топлотна вредност на јагленот (долна топлотна вредност ДТВ), кој годишно се испорачува до ТЕ „Битола“ при паралелна работа на коповите ГЈС „Суводол“, „Брод Гнеотино“ и ПЈС е дадена во табела 4.4. Врз основа на изнесеното, годишниот капацитет на површинскиот коп ПЈС изнесува $3 \cdot 10^6$ тони. Векот на експлоатација на јагленот е 17 години. Почетокот на отворање на копот е 2011 година, а престанување на работите во 2027 година. Динамиката на отворање на површинскиот коп ПЈС е хармонизирана со развојот до полн капацитет. Динамиката за изработка на усеците за отворање на ПК ПЈС укажува дека во постојните услови реален период за отворање на ПК ПЈС се четири години, односно преведено на временски термини значи дека ПК ПЈС би можел да се отвори кон средината на 2012 година и да постигне производство на јаглен од $1,5 \times 10^6$ тони во 2012 год. од внатрешниот усек за отворање и $3,0 \times 10^6$ тони во 2013 година од површинскиот коп. Ваквата динамика бара од ПК „Суводол“ да се откапаат дополнителни 4.500.000 тони јаглен во однос на проектираната динамика од Главниот рударски проект за ПК „Суводол“. Ова доведува до неостварување до крај на проектираната динамика за заедничка работа на трите копа „Суводол“, „Брод-Гнеотино“ и ПЈС од 2011 год., односно дека крајот на експлоатацијата на ПК „Суводол“ на главниот јагленов слој ќе биде за околу три години пократок од утврдениот со Главниот рударски проект, што може да доведе до престанок на работата на 1 блок од ТЕ во последните три години од заедничката работа на коповите.

Во согласност со наведените претпоставки е детерминирана динамиката на производство на површинскиот коп ПЈС.

Табела 4.4. Хармонизација на производството на јаглен од површинските копови

Table 4.4. Harmonization of production of coal from surface mines

Година Year	Површински коп (производство во $\cdot 10^6$ t) Surface mine (production in $\cdot 10^6$ t)						Σ за ТЕ „Битола” TE Bitola	
	„Суводол” Suvodol		„Брод Гнеотино” Brod Gneotino		ПЈС UCS			
	(t/god)	ДТЕ (кЈ/кг)	(t/god)	ДТЕ (кЈ/кг)	(t/god)	ДТЕ (кЈ/кг)	(t/god)	ДТЕ (кЈ/кг)
2008	5,7	7762	0,3	6700			6,0	7709
2009	5,1	7762	0,9	6700			6,0	7602
2010	5,0	7762	1,3	6700			6,3	7542
2011	3,0	7762	2,0	6700	1,3	7452	6,3	7345
2012	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2013	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2014	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2015	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2016	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2017	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2018	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2019	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2020	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2021	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2022	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2023	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2024	1,3	7762	2,0	6700	3,0	7452	6,3	7277
2025	1,3	7762	1,5	6700	3,0	7452	5,8	7310
2026	0,3	7762			3,0	7452	3,3	7480
2027					3,7	7452	3,7	7452
Σ (t)	37,3		32,0		50,0		119,3	
Просек Average		7762		6700		7452		7347

4.3. Период на пробна работа и ревитализација на новата и користена опрема

Основниот принцип дека од добро организирано и стручно делотворно одржување зависи подготвеноста за работа и производно функционирање на машините, во прв план го истакнува прашањето за управување со одржувањето на основната и помошната механизација на површинските копови. Одржувањето на опремата претставува една од централните теми во управувањето со рудничките системи. Од оваа гледна точка прашањето за ревитализација на користената опрема на ПК „Суводол“ која поминува да работи на ПК ПЈС има логична основа. Меѓутоа, конкретното решение на предметното прашање зависи од дијагностиката на постојната состојба на машините и опремата, која ни е на располагање. Во услови на Рудникот „Суводол“, со долго искуство во експлоатацијата и одржувањето на машините од БТО и БТД системите е воспоставен стационарен циклус на тековно, сервисно и ремонтно одржување на машините и опремата, која го извршува сопствената Служба.

Според прифатените технички мерила, активностите (ревитализацијата) на машините на БТО и БТД системите вообичаено би траела минимално 180 дена (табела 4.5.), што би се одразило на загуби во производството и зголемувањето на експлоатационите трошоци. При ова треба да се има предвид дека трошоците за ревитализација според светските искуства можат да изнесуваат и преку 50% од вредноста на нови машини. Тука се отвора сериозна дилема: дали машините да се ревитализираат или да се заменат со нови? Анализата на проблемот за ревитализација на капиталните машини кои на ПК ПЈС преминуваат од ПК „Суводол“ покажува дека во постојните стеснети временски услови со експлицитно барање за одржување на производството на јаглен заради редовно снабдување на ТЕ, нема можности за подолго временско исклучување од производство ниту на една машина и ниту на еден произведен машински систем. Од оваа причина, произлегува заклучок дека во сегашниов момент нема услови за ревитализација на машините на постојните БТО и БТД системи, кои продолжуваат да работат на ПК ПЈ. Одржувањето на опремата треба да се продолжи со редовните циклични прегледи и одржување

на машините од БТО и БТД системите, по процедура која во Рудникот „Суводол“ е применета.

Табела 4.5. Траење на одржувањето

Table 4.5. Duration of maintenance

Реден бр. No	Одржување Maintenance	Траење (денови) Duration (days)
1.	Тековно In workflow	во текот на смената during work
2.	Сервис Service	10 - 15
3.	Ремонт Overhaul	20 - 30
4.	Инвестиционо Investment	90
5.	Ревитализација Revitalization	180 - 545

Системите кои работат на ПК „Суводол“ немаат потреба од докажување на неговите работни перформанси. Периодот на приспособување на работата на системите на новата позиција, во продолжувањето на секвенцијалното изведување на рударските работи на ПК ПЈС и ПК „Брод Гнеотино“, не би требало да биде подолг од 15 дена. По транспортот, односно доведувањето на машините на почетните позиции, пред почеток со работа, потребно е да се изврши детална контрола на состојбата и преглед на карактеристичните делови и склопови на машините според упатствата на производителите или според сопствените искуства и правила на одржување. Врз основа на поставената дијагноза, да се изврши сервис, ремонт или во случај на потреба и интервенции на нивоата од инвестиционото одржување.

Во текот на 2010 година е набавен нов БТО систем SRs-1050, со работа започна на 1 јуни истата година и ја помина процедурата на технички прием, пробна работа и докажување на капацитетот. Овие задолжителни процедури за приспособување на работата на откопување на јаловина во усекот за отворање, не би требало да траат подолго од 90 дена. Новите машини со дисконтинуирана технологија на работа мораат да ја поминат пробната работа

и докажувањето на работните перформанси според процедурата прикажана во табела 4.6.

Табела 4.6. Процедура на пробна работа на помошните машини

Table 4.6. Procedure of trial work of the auxiliary machinery

Ред. бр. No	Сервис Maintenance	Часови на работа на машините Hours of operation of machinery	Режим на работа на машините Operation of machinery
1.	I	200 - 250	Машините работат во прва смена 8 ч. The machines operating 8h per day
2.	II	250 - 500	Машините работат 12 ч. дневно The machines operating 12h per day
3.	III	750	Машините работат во сите три смени The machines operating 24h per day
4.	IV	1000	Машините работат во сите три смени The machines operating 24h per day

4.4. Техно-економската анализа на книговодствената вредност на постојната основна опрема

Техно-економската анализа на книговодствената вредност на постојната опрема за континуирана експлоатација покажа дека оваа опрема има вредност, истата се одржува, дури во 2006 и 2008 година во поголемиот дел од неа се извршени поправки, ремонти и реконструкции, со што нејзината книговодствена вредност уште повеќе се зголемува. Ова укажува на фактот дека со постојната опрема за континуирана експлоатација, од книговодствена вредност на основната технолошка опрема во ПЕ Рудници, може во еден пократок временски период (во наредните 20-тина години) сè уште, со редовно одржување да биде користена во полн капацитет, според Панов (2010). Книговодствена вредност на постојна опрема во ПЕ „Рудници“ е дадена во табела 4.7.

Табела 4.7. Книговодствена вредност на постојна опрема во ПЕ Рудници

Table 4.7. Accounting value of existing equipment in OM Mining

Ред. бр. No	Основна опрема Basic equipment		2009	2008	2007	2006	2005
	Вид Equipment	Тип Type	ден MKD	ден MKD	ден MKD	ден MKD	ден MKD
1	Багер/Excavator	SRs- 2000/1	435265626	435265626	396643022	396643022	378837651
2	Багер/Excavator	SRs- 2000/2	293187343	293187343	293187344	293187344	280026115
3	Багер /Excavator	SRs- 1300	1168035538	1168035538	1168035538	1168035538	1115602232
4	Багер /Excavator	KU -300	584090813	584090813	584090813	584090813	557870882
5	Багер/Excavator	SRs- 630/1	116132257	116132257	116132257	116132257	1080103398
6	Багер/Excavator	SRs- 630/2	103410505	103410505	103410505	103410505	98768390
7	Банваген/Banvagen	BRs-5500	259136876	259136876	259136876	259136876	247504178
8	Банваген/Banvagen	BRs-1200	8530301	8530301	8530301	8530301	8147376
9	Одлагач/Belt tray	ZP-6600	267739679	267739679	267739679	267739679	255720801
10	Одлагач/Belt tray	ZP-6600	267739679	267739679	267739679	267739679	255720801
11	Одлагач/Belt tray	A2RsB-5500	644958753	644958753	644958753	644958753	616006449
12	Багер/Excavator	SRs- 323	225298039	225298039	225298039	225298039	215184373
13	Банваген /Banvagen	ARs	1619595763	1619595763	1619595763	1619595763	154689363
	Вкупно Total	ден MKD	5993121172	5993121172	5954498569	5954498569	5264182009
	Вкупно Total	€	97449125	97449125	96821115	96821115	85596455

4.5. Анализа на податоците на постојната опрема за експлоатација

Техничките капацитетите на основната опрема со кои располага ПЕ „Рудници“ се одредени врз основа на конструктивно-кинематичките параметри, физичко-механичките карактеристики на работната средина и параметрите на блоковите во кои работат, и тие изнесуваат:

SRs-2000- БТО систем	$q_{\text{teh}} = 1800 \text{ (m}^3/\text{h)}$
SRs-1050- БТО систем	$q_{\text{teh}} = 1600 \text{ (m}^3/\text{h)}$
SRs-1300 -БТО систем	$q_{\text{teh}} = 1300 \text{ (m}^3/\text{h)}$
SRs-630 систем	$q_{\text{teh}} = 450 \text{ (m}^3/\text{h)}$
KU-300	$q_{\text{teh}} = 800 \text{ (m}^3/\text{h)}$
ЕШ 10/70	$q_{\text{teh}} = 500 \text{ (m}^3/\text{h)}$
ЕШ 6/45	$q_{\text{teh}} = 300 \text{ (m}^3/\text{h)}$

Од податоците кои се водени во Службата за анализа на процес и од податоците кои беа достапни и на располагање за оствареното производство на постојните багерски единици кои функционираат во ПЕ „Рудници“ РЕК – Битола, изработени се табелите 4.8., 4.9. и 4.10. Бидејќи податоците се водени на годишно ниво, по системи, за одредени багерски единици кои работеа во спрег (во заедничка работа на еден систем) не беше можно да се даде приказ на остварувањата по години. Во табела 48 (претставени со дијаграми, слики 4.8.1. и 4.8.2.) се дадени податоците од остварените количини, капацитетот и ефективните часови, за роторните багери SRs -2001 и SRs -2002 набљудуваниот период е на годишно ниво и е даден во табелата. Во табела 4.9. се дадени податоците од остварените количини, капацитетот и ефективните часови на рото багерите КУ-300, SRs -631, SRs -632, SRsc-323, SRs-1050 и SRs-1300 (и истите се претставени со дијаграми - слики 4.9.1, 4.9.2. и 4.9.3). Податоците за ископани количини се по фотограметриска снимка изработени од Службата за геодетски мерења. Податоците се изработени врз основа на набљудуван период за КУ-300, SRs-631, SRs-632 и SRs-1300 од 1 јули 2008 до 31 јуни 2009 година. Набљудуван период за SRs -1050 е од 21 февруари 2008 до 27. февруари 2009 година се добиени следниве податоци.

За 63 ефективни часа остварил 80.737 m^3 со часовен капацитет од $1.282 \text{ m}^3/\text{h}$. SRs-1050 е набавен во текот на 2010 год. и немаме доволно

искуствени податоци, особено што фотограметриска снимка (како поточен податок) за ископани количини не се прави редовно. Во понатамошната пресметка за годишно остварување е земен минималниот број на ефективни часови на багерските единици (поради понеповолните услови за работа на ГЈС) и неговиот остварен капацитет од набљудуваниот период. Набљудуван период за SRs-323 е од 10, 11 и 12 месец 2008 година и 2, 3 и 6 месец 2009 година (според достапноста на податоците од фотограметриска снимка), каде за 2.582 ефективни часа остварил 613.145 m^3 односно $237 \text{ m}^3/\text{h}$. Аналогно на остварениот податок во понатамошната пресметка за годишно остварување е земен неговиот остварен капацитет од набљудуваниот период за ефективни часови, споредбено со остварените часови на SRs-1300, како по габаритен багер. Во табела 4.10. се податоците од остварените количини, капацитетот и ефективните часови за ЕШ6/45-1, ЕШ6/45-2, ЕШ6/45-3 и ЕШ10/70-1 (претставени со дијаграми - слики 4.10.1 и 4.10.2), со набљудуван период од 2004 до 2010 година. Податоците за табела 4.8. и 4.10. на ископани количини по години се користени од годишните извештаи, изработени од Службата за анализа на процес. Од анализираните податоци за багерите може да се заклучи дека во последните три години имаме пад на капацитетот и на остварените количини, додека остварените ефективни часови немаат пад во однос на претходните години (односно се приближно исти). Според анализата на постојната изработена документација на Рудникот „Суводол“ и искуството од областа на рударството, како и во консулациите со стручниот тим од ПЕ „Рудници“, овие податоци се должат како резултат на смалениот фронт на работа, нерегуларни откопни блокови, мала должина на откопниот блок, поголеми нагиби на лежиштето во завршната фаза на ГЈС, мали висини на откопниот блок, чести транспорти на рото багерите, изработка на рампи за премин од една етажна рамнина на друга и др. Должината на работниот фронт на багерски единици за ископ на јаловина во текот на 2009 година изнесуваше околу 900 m, а во текот на 2010 година околу 600 m за ГЈС.

Експлоатациониот капацитетот и ефективните часови на багерските единици се пресметани според следниве формули:

$$Q_{ehp} = \frac{Q (m^3), (t)}{T_{ef} (h)} \quad (m^3/h), (t/h)$$

$$T_{ef} = T_k - (T_{pz} + T_{nz}) = (h)$$

$$T_{pz} = T_{pl} + T_{tz} = (h)$$

каде:

Q_{ehp} - експлоатационен капацитет на багерските единици $(m^3/h), (t/h)$;

Q - откопана количина на ротобагерот $(m^3), (t)$;

T_{ef} - ефективни часови на рото багерот/системот (h) ;

T_k - календарско време во годината (h) ;

T_{nz} - неплански застои (h) ;

T_{tz} - време на технолошки активности на системот (h) ;

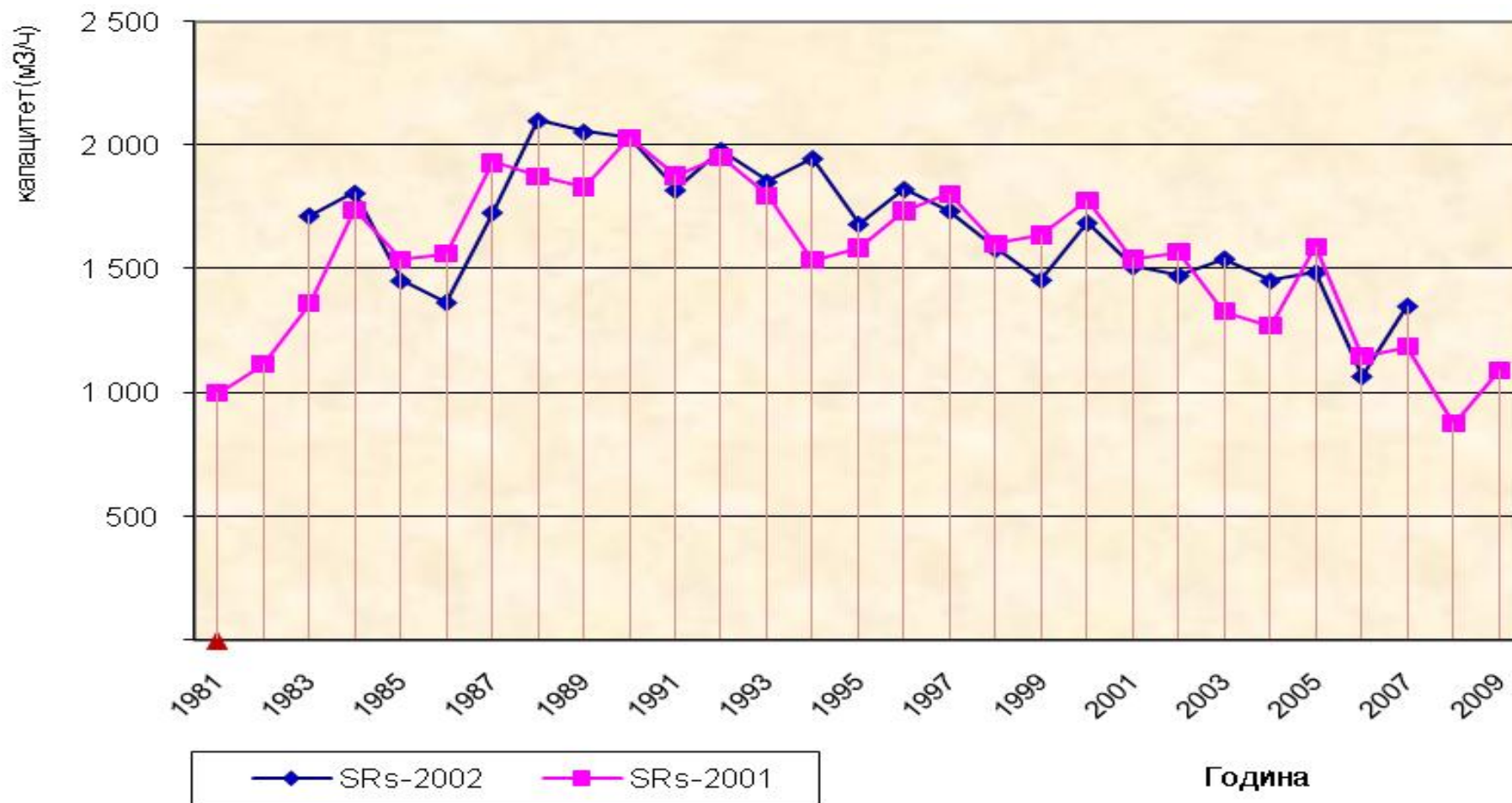
T_{pz} – плански застои (h) .

Во првите пет години на експлоатација, должината на работниот фронт на ПЈС за багерски единици за континуиран ископ на јаловина ќе се движи од 600 м во втората година до 1.100 м во петтата година на експлоатација. Должината на работниот фронт на багерски единици за континуиран ископ на јаглен ќе се движи во втората година од 175 м до 630 м во петтата година на експлоатација. Во ПЈС се очекуваат понеповолните услови за работа за разлика од ГЈС – „Суводол“, па поради тоа се предвидува остварувањата на капацитативните можности на опремата во голема мера да бидат намалени, што наметнува потреба за создавање на одреден процент на резерва на проектираниот капацитет на опремата. Најголемиот дел од коефициентот на резерва на опремата е сконцентриран за јагленовиот систем. Големо влијание врз ефективностa на системите за работа би имале и атмосферските влијанија, појава на обилни врнежи, немање услов за работа односно недоволна прегледност за работа (појава на магла) која е најизразена во зимскиот период и може да трае од неколку недели, па до два-три месеци. Овие атмосферски влијанија би биле поизразени со продлабочување на копот од ПЈС, со што би се намалиле ефективните часови на системите (секако, времетраењето на оваа појава е непредвидливо).

Табела 4.8. Постигнати резултати по години на SRs-2001 и SRs-2002

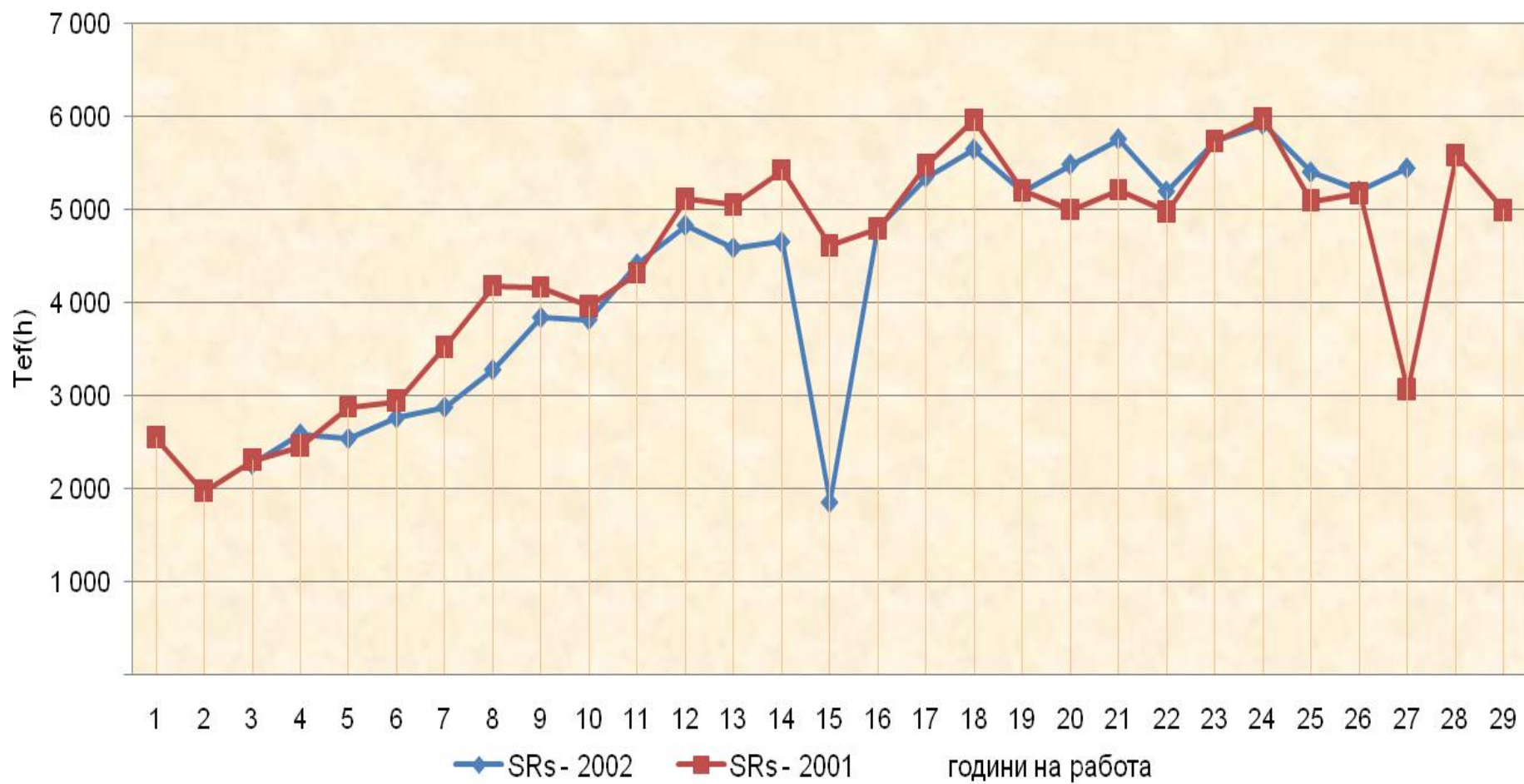
Table 4.8. Achieved results by years of SRs -2001 and SRs -2002

Багер Excavator	SRs -2002			SRs -2001		
Година Year	Q(m3)	Tef(h)	q(m3/h)	Q(m3)	Tef(h)	q(m3/h)
1981				2 541 208	2 543	999
1982				2 190 515	1 964	1 115
1983	3 882 349	2 260	1 718	3 132 637	2 300	1 362
1984	4 669 898	2 581	1 809	4 262 717	2 450	1 740
1985	3 688 814	2 535	1 455	4 419 579	2 869	1 540
1986	3 771 132	2 757	1 368	4 594 419	2 939	1 563
1987	4 971 487	2 872	1 731	6 805 886	3 522	1 932
1988	6 886 605	3 275	2 103	7 839 773	4 178	1 876
1989	7 893 330	3 838	2 057	7 640 728	4 166	1 834
1990	7 755 219	3 815	2 033	8 046 008	3 961	2 031
1991	8 036 341	4 411	1 822	8 118 303	4 320	1 879
1992	9 577 460	4 831	1 983	10 006 748	5 115	1 956
1993	8 509 904	4 588	1 855	9 088 777	5 058	1 797
1994	9 066 837	4 652	1 949	8 339 712	5 427	1 537
1995	3 110 477	1 847	1 684	7 323 550	4 617	1 586
1996	8 737 739	4 789	1 825	8 332 464	4 797	1 737
1997	9 295 293	5 350	1 737	9 893 427	5 478	1 806
1998	8 947 484	5 651	1 583	9 579 820	5 968	1 605
1999	7 578 798	5 197	1 458	8 537 796	5 210	1 639
2000	9 267 782	5 485	1 690	8 905 551	5 003	1 780
2001	8 715 093	5 760	1 513	8 032 690	5 212	1 541
2002	7 671 922	5 197	1 476	7 818 433	4 980	1 570
2003	8 849 677	5 733	1 544	7 627 734	5 736	1 330
2004	8 614 785	5 921	1 455	7 617 762	5 986	1 273
2005	8 042 630	5 403	1 489	8 114 075	5 098	1 592
2006	5 557 254	5 199	1 069	5 949 375	5 177	1 149
2007	7 365 012	5 445	1 353	3 639 390	3 062	1 189
2008				4 894 493	5 584	877
2009				5 449 571	4 994	1 091
Просечно Average	7 218 533	4 376	1 650	7 185 608	4 563	1 575



Слика 4.8.1. Дијаграм на остварен капацитет по години на рото багерите од ПЕ Рудници

Figure 4.8.1. Diagram reached capacity after years of roto excavators from OM Mining



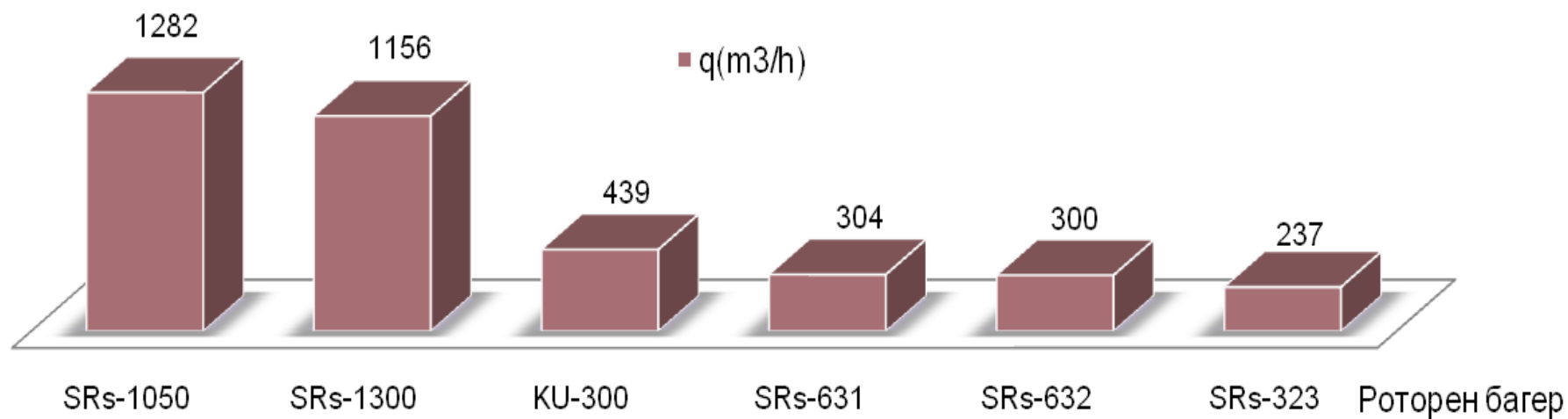
Слика 4.8.2. Дијаграм на остварени ефективни часови по години на рото багерите од ПЕ Рудници

Figure 4.8.2. Diagram of effective working hours achieved by years of roto excavators. OM Mining

Табела 4.9. Годишни постигнати резултати на рото багерите

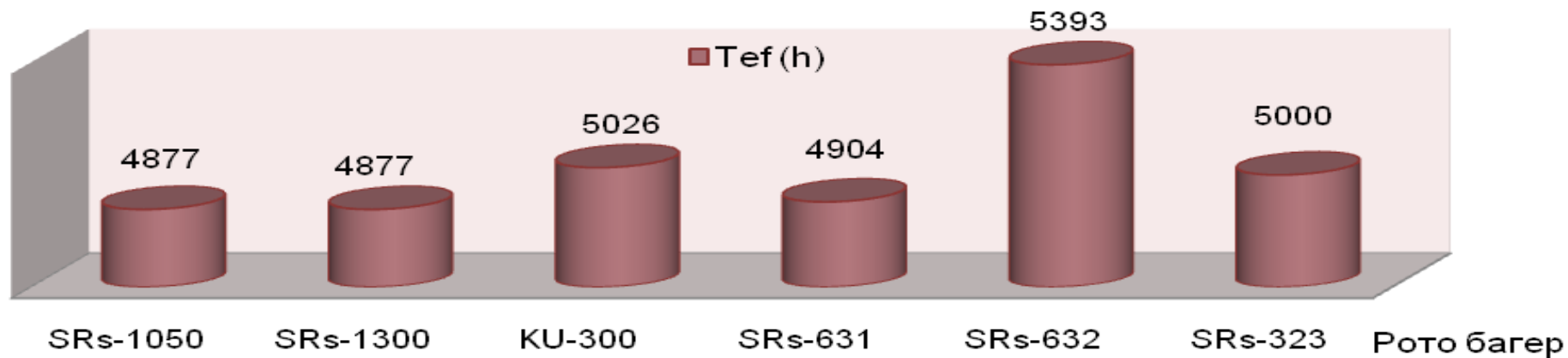
Table 4.9. Annual results achieved by roto excavators

Период Period	Багер Excavator	Q (m3)	Tef (h)	q(m3/h)	Q(t)	Tef (h)	q(t/h)
1-година 1 Year	SRs-1050	6 252 314	4 877	1 282			
01.07.2008 - 31.06.2009	SRs-1300	5 637 660	4 877	1 156			
01.07.2008 - 31.06.2009	KU-300	2 203 994	5 026	439	2 644 793	5 026	526
01.07.2008 - 31.06.2009	SRs-631	1 491 343	4 904	304	1 789 612	4 904	365
01.07.2008 - 31.06.2009	SRs-632	1 619 156	5 393	300	1 942 987	5 393	360
1-година 1 Year	SRs-323	1 185 000	5 000	237			



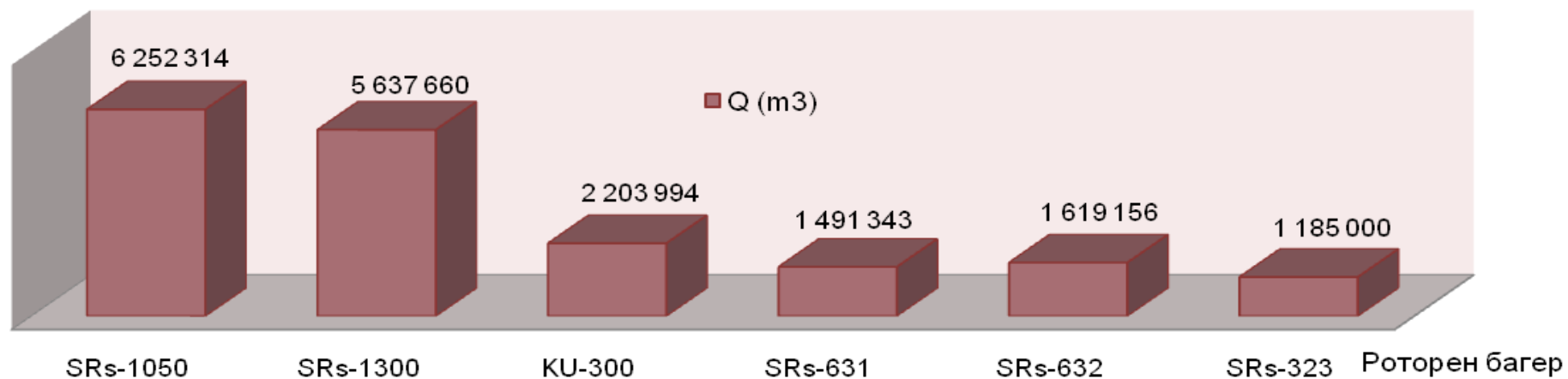
Слика 4.9.1. Дијаграм на остварен годишен капацитет на рото багерите од ПЕ Рудници

Figure 4.9.1. Diagram of achieve annual capacity of roto excavators. OM Mining



Слика 4.9.2. Дијаграм на остварени годишни ефективни часови на рото багерите од ПЕ Рудници

Figure 4.9.2. Diagram of realized annual effective hours of roto excavators. OM Mining



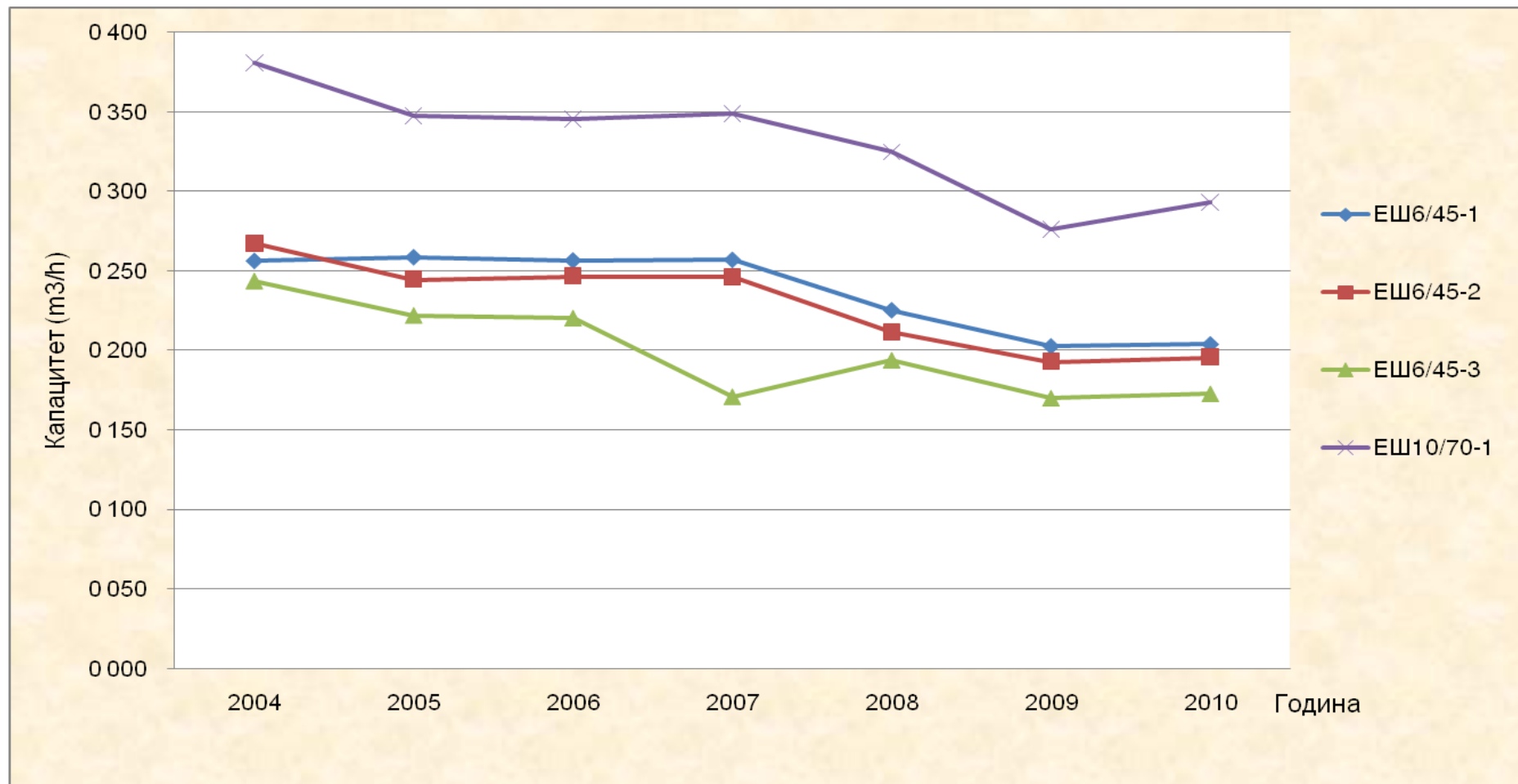
Слика 4.9.3. Дијаграм на остварени годишни количини на рото багерите од ПЕ Рудници

Figure 4.9.3. Diagram of realized annual amounts of roto excavators. OM Mining

Табела 4.10. Постигнати резултати по години на багерите дреглајни од ПК Суводол

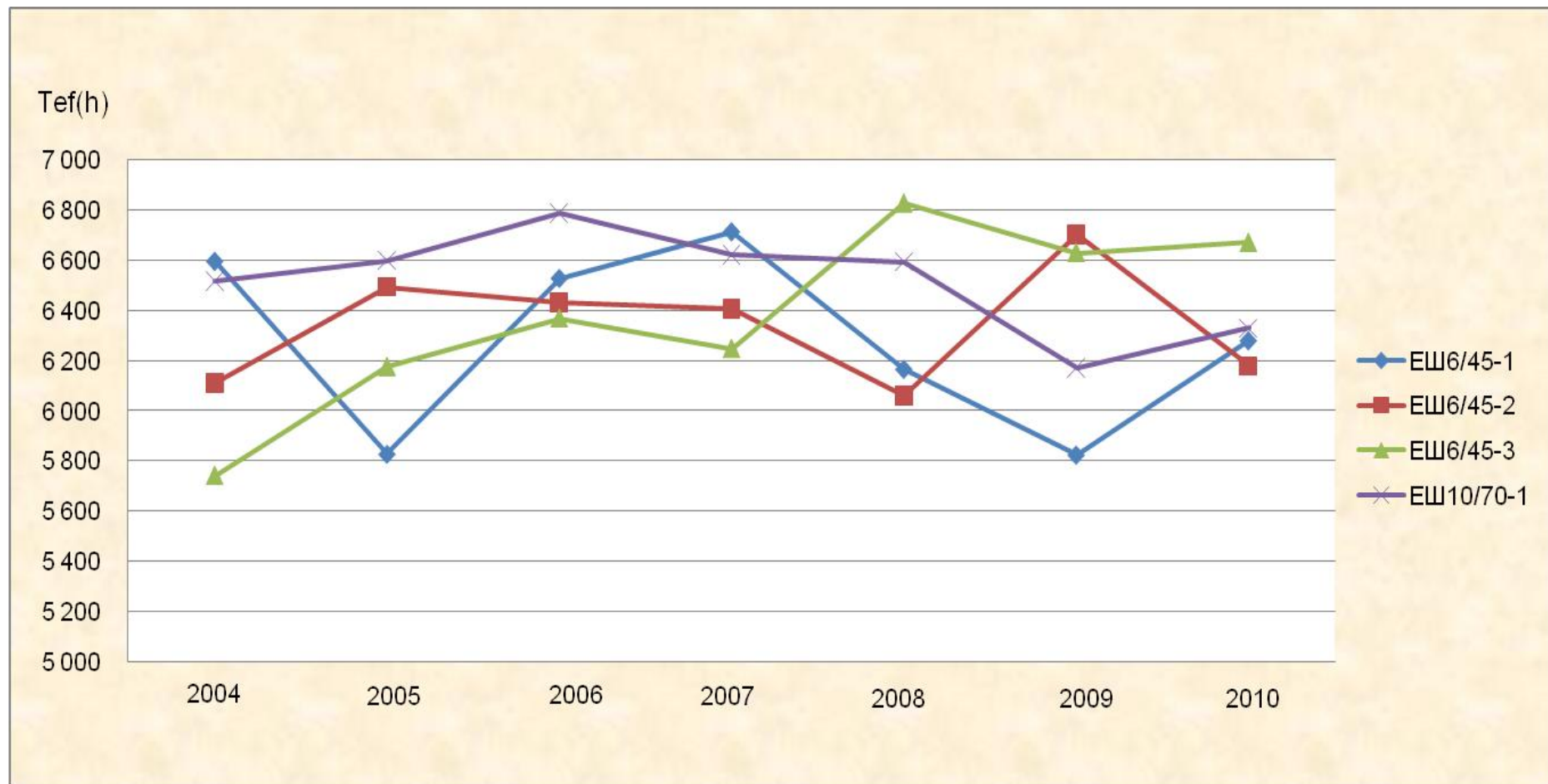
Table 4.10. Achieved results by years of dreglain excavators.OM Suvodol

	ЕШ6/45-1			ЕШ6/45-2			ЕШ6/45-3			ЕШ 10/70 -1		
Година Year	Q (m ³)	Tef (h)	q (m ³ /h)	Q (m ³)	Tef (h)	q (m ³ /h)	Q (m ³)	Tef (h)	q (m ³ /h)	Q (m ³)	Tef (h)	q (m ³ /h)
2004	1 689 675	6 596	256	1 632 650	6 111	267	1 399 905	5 742	244	2 481 096	6 517	381
2005	1 505 640	5 826	258	1 587 150	6 494	244	1 371 900	6 176	222	2 292 080	6 600	347
2006	1 673 900	6 528	256	1 585 450	6 432	246	1 404 153	6 370	220	2 343 440	6 788	345
2007	1 724 225	6 714	257	1 577 160	6 408	246	1 068 350	6 248	171	2 307 674	6 622	348
2008	1 388 260	6 165	225	1 280 897	6 059	211	1 324 670	6 829	194	2 141 250	6 595	325
2009	1 179 428	5 823	203	1 292 564	6 704	193	1 127 766	6 631	170	1 703 246	6 172	276
2010	1 279 440	6 279	204	1 210 090	6 179	196	1 153 040	6 672	173	1 854 248	6 331	293
просечно	1 491 510	6 276	238	1 452 280	6 341	229	1 264 255	6 381	198	2 160 433	6 518	331
Просечно Average 2008-2010	1 282376	6089	211	1 261184	6314	200	1 201825	6711	179	1 899 581	6 366	298



Слика 4.10.1. Дијаграм на остварен капацитет по години на багерите дреглајни од ПК Суводол

Figure 4.10.1. Diagram of reached capacity by years of dreglain excavators. OM Suvodol



Слика 4.10.2. Дијаграм на остварени ефективни часови по години на багерите дреглајни од ПК Суводол

Figure 4.10.2. Diagram of effective working hours achieved by years of dreglain excavators. OM Suvodol

4.6. Краток приказ на технологијата за отворање и развој на ПК ПЈС

Анализата за ограничување на експлоатационото поле на површинскиот коп од подинската јагленова серија на Рудникот „Суводол“ е извршена на пет варијанти, а како оптимална е усвоена варијантата со ограничено поле-ОП4, спрема Главниот рударски проект (*Основна концепција*), Рудпроект (2008), за отворање, експлоатација и развој на ПК ПЈС. Изборот на местото, начинот на отворање и развојот на површинскиот коп на ПЈС е анализиран за седум варијанти. Како оптимален е избран усекот на отворање-УО6, со два надворешни и еден внатрешен усек во југозападниот дел од експлоатационото поле. Најголем дел од потребната опрема, откопна, транспортна и одлагалишна преминува од копот „Суводол“ на копот од ПЈС, транспортерите и машините за одлагање се избрани според типот на основната машина и физичко-механичките својства на карпите, а нивниот број е пресметан врз основа на обемот на работата, режимот на експлоатација на машините и организацијата на транспортот.

Врз основа на детално извршената рударско-геолошка анализа и обработка на лежиштето ПК ПЈС, односно дефинираните основни параметри на идниот површински коп, т.е. неговите контури, длабина–висина на експлоатација, маси на јаловина, количини на јаглен, како и другите битни рударско-технолошки параметри, а имајќи ја предвид и постојната опрема и досегашното искуство од експлоатацијата на ПК „Суводол“, определен е технолошкиот процес на експлоатација кој се состои од примена на континуирана технологија на експлоатација, т.е. БТО технологија:

- копање и товарење на јаловината и јагленот со роторни багери;
- транспорт на јаловината и јагленот со гумени транспортни ленти;
- одлагање на јаловината со одлагачи;
- транспортот на јаглен од ПК ПЈС до депонијата на ТЕ ќе се врши со систем на транспортни ленти во должина од околу 2,2 km.

Сложените геотехнички услови на работа, потребата за хомогенизација на јагленот, вклучувањето во оптимален систем на дотур на јаглен во термоелектраната, од своја страна бара дополнителни стручни и научни

истражувања кои би дале одговор на прашањето кој систем за експлоатација би бил оптимален за откоп на јаглен.

Ископот на откривката ќе биде со технолошка варијанта на ископ со два јаловински БТО система, без ископ на одлагалишните маси од ГЈС во почетната фаза на експлоатација на ПЈС, со константен ископ на откривката до крајот на векот на експлоатација со коефициент на откривка $k_o = 4.4 \text{ m}^3/\text{t год.}$, што би значело и намалена цена на чинење на тон откопан јаглен во почетната фаза на експлоатација и развој на ПЈС. Со оваа технолошка варијанта е потребено да се направи годишен ископ од $13.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ јаловина и $2.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ јаглен т.е. $3 \times 10^6 \text{ t}$ јаглен, односно вкупно 15.7 m^3 цврста маса. Експлоатацијата на јагленот и јаловината од ПЈС е во функционална врска со останатите резерви од јаглен со другите копови, што условува прераспределба на постојната основна механизација спрема технолошките можности на механизацијата и таа која дополнително ќе се набави, поради таа цел е изработен овој труд, одредување на оптимален избор на опрема за експлоатација на ПЈС (во комбинација на постојната опрема и нова потребна механизација).

Врз основа на поглавје 2 (Основи на проектирање), поради природните услови на лежиштето на ПЈС, неговиот наклон и длабина на залегање, помала должина на работниот фронт (за разлика од ПК „Брод Гнеотино“) и со оглед на тоа што багерот SRs-2000 има надолжен наклон во работа од 3.5% и поголема габаритност во однос на SRs-1050 и SRs-1300, според мое мислење, но и во консултацијата со други стручни лица, поповолно би било овие два багера да работат на ископ на јаловина на ПЈС. Во понатамошното излагање, двата јаловински система од ПЈС се анализирани со роторните багери SRs-1050 и SRs-1300, како резултат, и на најновите истражувања за оптимален избор на распределба на основна механизација на ПЕ „Рудници“, според Панов (2010).

4.6.1. Активности за отворање на ПК ПЈС

Технологијата за изградба на усекот за отворање на ПК ПЈС и динамичката усогласеност на работите, зависат од расположливата опрема и нејзините техничко-технолошки, односно конструкциони карактеристики. Активности кои треба да се преземат за отворање на ПК ПЈС и нивно реализирање се:

- ❖ Набавка на потребната нова опрема и машини:
 - избор на основна механизација;
 - набавка на помошна механизација;
 - набавка на надзорно-управувачка опрема;
 - набавка на опрема за предодводнување;

- ❖ Создавање на услови за започнување на работите за отворање на ПК ПЈС, а тоа се:
 - детален геодетски премер на теренот на просторот на кој ќе се изведуваат работите во фазата на отворање на ПК ПЈС и изработка на ажурна ситуациона карта;
 - изградба на пристапен пат помеѓу усекот и надворешното одлагалиште;
 - дупчење на шеснаесет бунари за предодводнување;
 - изградба на канал за прифаќање и одвод на водите од бунарите за одводнување;
 - подготовка на напојната електроенергетска мрежа;
 - вградување на опрема во бунарите и пуштање на системот во работа;
 - испорака и монтажа на опремата и машините од новиот БТО систем;
 - воспоставување на диспечерскиот центар;
 - ремонт и подготовка на основната механизација која преминува од ПК „Суводол“ на ПК ПЈС.

- ❖ Реализација на работите на отворање на ПК ПЈС:

- изградба на главниот и помошниот надворешен усек;
- планирање и изградба на траси за сврзните и транспортерите за одлагање на новиот и „0“ БТО систем;
- поставување на првите делници за транспортерите со лента на новиот БТО систем;
- поставување на почетна позиција и започнување со (пробна) работа на новиот БТО систем т.е. први БТО (роторен багер SRs-1050, самооден транспортер BRs- 1800 и одлагач A2RsB-5500) на етажа к.0,0 (нивоа 0,0 -10 и -20m);
- поставување на првите делници за транспортерите со лента од „0“ БТО систем;
- поставување на почетна позиција и започнување со работа на „0“ БТО систем (роторен багер SRs-1300 и одлагач A2RsB-5500 на етаж -60m);
- поставување на првите делници за транспортерите со лента за БТД систем;
- поставување на почетна позиција и започнување со работа на БТД системот (роторен багер KU-300, самооден транспортер BRs-1800 само додека работи на јаглен во усекот, подоцна самооден транспортер BRs-5500).

4.6.2. Краток приказ на постојната технологија за експлоатација на усекот за отворање на ПЈС

Површинскиот коп ПЈС се отвора со два надворешни и еден внатрешен усек. Местото за отворање на површинскиот коп, односно локацијата на усекот за отворање е во југозападниот дел од експлоатационото поле (слика 4.12.).

Основниот (првиот) надворешен усек е со должина од 364,97 m, со наклон од 9°.

Вториот (помошен) надворешен усек е долг 475,44 m, со наклон околу 3°. Двата надворешни усеци имаат иста внатрешна завршна нивелета к+594,48 m. На оваа нивелета во усекот за отворање се формира плато за сместување на погонските и повратните станици на врзните транспортери за јаловина и јаглен. Помошниот надворешен усек служи како комуникациска врска на површинскиот коп со инфраструктурата (за транспорт на основната откопна опрема и движење на помошната механизација).

Внатрешниот усек за отворање е поврзан со платото на нивелетата +594,48 m, должината на внатрешниот усек е околу 1.100 m и има локални нагиби. Причина за ваквото позиционирање на внатрешниот усек е поволниот пад на јагленовиот слој, кој изнесува 10%. Ваков пад на јагленовиот слој дозволува откопување до јужната граница на копот и до основната карпа. Надворешните усеци се изработуваат со дисконтинуирана механизација, внатрешниот усек за отворање на ПК ПЈС ќе биде изведен со примена на континуирана и дисконтинуирана технологија на експлоатација. Внатрешниот усек се изработува со опрема од првиот БТО систем, нултиот БТО систем и јагленовиот систем со багер КУ-300, кој потоа ги продолжува работите за формирање на фигурата за отворање и развој на површинскиот коп.

- ❖ На изработката на внатрешниот усек за отворање ќе биде ангажирана следнава континуирана опрема:

Први - БТО систем во состав:

- роторен багер SRs-1050;
- самооден транспортер BRs -1.800 mm;
- транспортери со лента, од класата B = 1.600 mm;
- одлагач A2RsB-5500.

Нулти - БТО систем во состав:

- роторен багер SRs-1300;
- транспортери со лента, од класата B= 1.600 mm;
- одлагач A2RsB-5500;
- на системот постојано му асистираат багери дреглајни ЕШ 6/45 и ЕШ 10/70.

Јагленов БТД систем во состав:

- роторен багер КУ – 300 /44;
- самооден транспортер BRs 1800;
- транспортни ленти B= 1.400 mm и B=1.600 mm (постоечки јагленов систем).

Дисконтинуираната технологија на ископ ќе се користи за растоварување на откривката и јагленот во зоната на внатрешниот усек, каде стрмно

залегнуваат литолошките членови (песок и јаглен) и каде не може да се работи со континуирана опрема заради ограничениот наклон во работа (11%, 5% и 10%). Ова се однесува на зоната на внатрешниот усек, главно на делови од усекот каде основната механизација (роторните багери) не може да ги зафати масите (југозападниот ободен дел од усекот), откопувањето ќе се изведува со помошна механизација, а потоа по пат на дозирање (туркање) на јаловината и јагленот им се додава на дофат на роторните багери. При растоварување на југозападната косина од внатрешниот усек за отворање ќе бидат дозирани 532.700 m³ јаловина и 1.531.080 t јаглен.

Табела 4.11. Рекапитулација на масите од усекот за отворање на ПК ПЈС

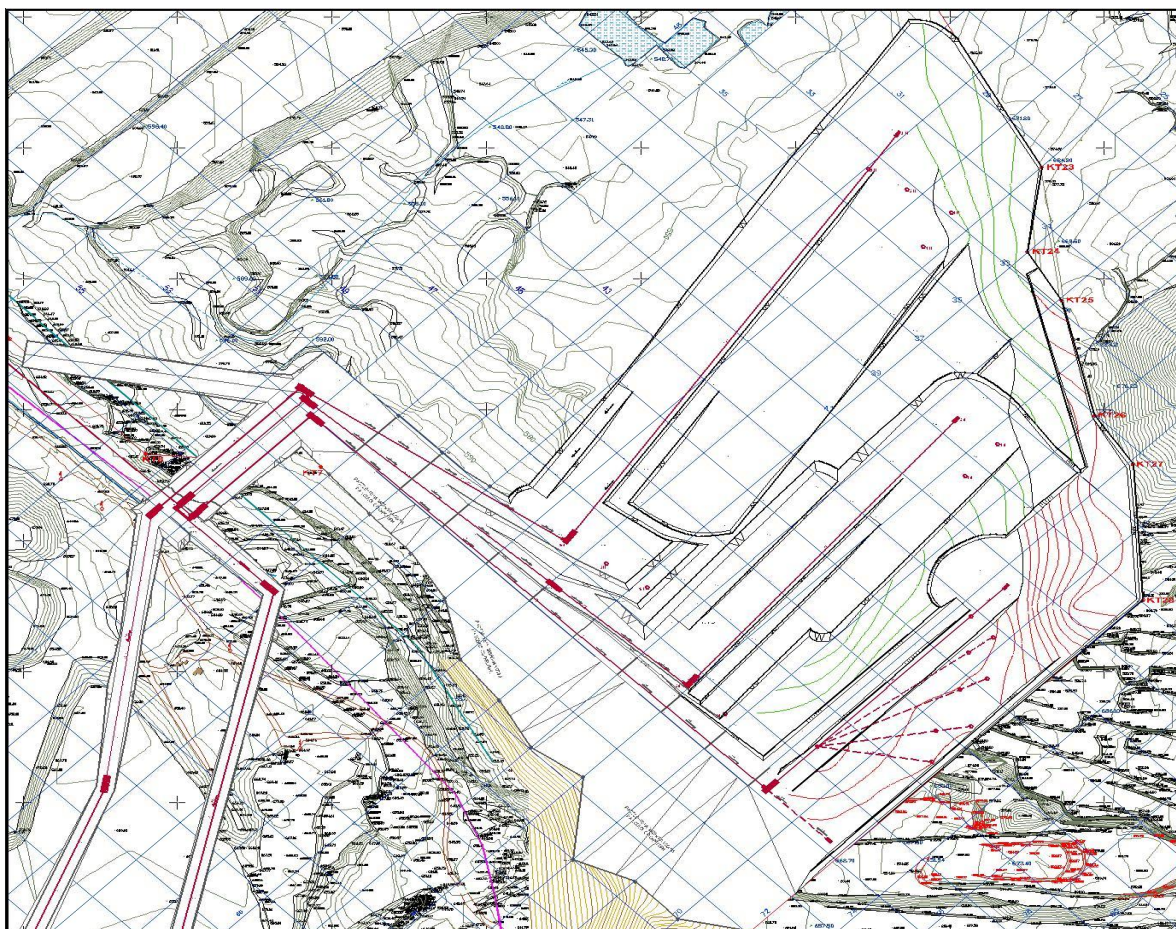
Table 4.11. Recapitulation of the masses of opening suffers. OM UCS

Ред. бр. No	Откопани маси Excavated masses	Маси Masses
1.	од надворешните усеци и пристапниот пат (m ³) Outside suffers and affordable way	251.046
3.	I- БТО SRs 1050 систем (m ³)	8.110.515
4.	0-БТО SRs 1300 (m ³)	924.200
5.	БТД Ku-300 јаглен (t)	3.872.040

Од приложените количини во табелите на рекапитулација на масите кои се копаат при изработка на усекот за отворање на ПК ПЈС во текот на 2010 година, со првиот (новиот) БТО систем се реализирани 700.000 m³ јаловина. Корекциите на термините за планираната динамика за изработка на усекот за отворање се направени како последица на дополнителните пресметки и согледување на термините, можен термин за завршување на усекот за отворање е до крајот на првата половина од 2012 година. При изработката на усекот за отворање со првиот БТО систем и „0“ БТО систем, откопаната јаловина се транспортира до надворешното одлагалиште каде се одложува со одлагачи A₂RsB 5500 (двата системи имаат исти одлагачи).

4.6.3. Краток приказ на технологијата на експлоатација за формирање на фигурата на отворање на ПК ПЈС

БТО системите и БТД јагленовиот систем од усекот на отворање продолжуваат да работат и на формирањето на фигурата на отворање на етажите на површинскиот коп ПЈС (слика 4.12.). Ова е најповолна позиција во однос на позицијата на усекот за отворање и правците на поставување на откопните фронтови. Формирањето на етажите, практично, претставува дефинирање на поделбата на вертикалниот зафат на откривката.



Слика 4.12. Диспозиција на јагленовиот систем, III година

Figure 4.12. Disposition of the coal system, III year

I БТО систем - го составуваат роторен багер SRs-1050 и самооден транспортер BRs1800 со ленти од класата 1.600 mm. Роторниот багер откопува маси од јаловина под површината на теренот со висина на зафатот од четириесет метри. Роторниот багер во висински блок откопува дваесет метри,

во длабински два пати по десет или вкупно дваесет метри. Максималниот наклон на етажните рамнини е 10%, па багерот работи лимитирано до тој наклон. Максималната ширина која багерот може да ја откопа со самооден транспортер BRs 1800 е околу 110-130 m, на овој систем ќе работи и ЕШ-6/45.

„0“ БТО систем - кој го составува роторен багер SRs 1300 ги откопува јаловинските маси под I БТО систем. Максималниот надолжен наклон при работа на багерот е 5%, а од искусствени податоци ги има следниве работни параметри: висина на етаж 20 – 22 метри, висина на подетаж 5 метри, односно во висинскиот блок зафаќа 20 метри, со рампа и подетаж до 25 метри. Во длабинска работа со две подетажи од 3 и 7 метри, и со отстапно настапна работа, вкупно зафаќа околу 13 метри. Максималната ширина која багерот може да ја откопа во однос на етажниот транспортер е од 110 до 130 m. Бидејќи багерот не може да ги зафати сите јаловински маси во најдлабокиот дел од копот, под најдлабокиот зафат се формира уште еден длабински етаж на кој работи багерот ЕШ 10/70. Етажот е со променлива длабина.

Откопаните маси од овие два система I - БТО и 0-БТО се одложуваат во фазата на отворање на копот на надворешното (западно) одлагалиште, а подоцна на внатрешното одлагалиште.

Јагленов БТД систем - Во првите две години роторниот багер KU-300 работи на изработка на усекот за отворање, односно на откопување на јагленот во усекот. Веќе во текот на втората година од експлоатацијата на откривката за формирање на фигурата на отворање може да се започне со откопување на јагленот. Технологијата на експлоатација на јагленовите слоеви ќе биде подетално разработена во текстот кој следи, точка 5, во предлог- алтернативни решенија за оптимален избор на опрема за експлоатација на ПЈС, соодветно за секоја алтернатива.

4.7. Технолошки шеми на експлоатација на ПЈС - преглед на резултатите од анализата на стабилност

Врз основа на проценката на ефектите од дејството на системот за одводнување, се очекува вредноста на коефициентот на порниот притисок во завршните косини да биде $r_u = 0,20$. Во случај на неодводнетост на косините од усекот за отворање е усвоено нивото на подземните води да се наоѓа на 10 m од котата на постојниот терен. За проверка на стабилноста на работните косини од технолошките процеси на откопување, со чекор на напредување на фронтот од 150 m/god., предвидени се четири варијанти решенија кои се прикажани во прилог на текстот кој следува, податоците се користени од „Рудпроект“ (2008).

Во продолжение се дадени анализите на стабилност за некои карактеристични профили во текот на експлоатацијата на почетна фаза и развој на ПЈС.

Варијанта 1 на технолошкиот процес на откопување - технолошката шема е предвидена помеѓу профилите 47-47' и 53-53', има генерален работен агол на косините од $\alpha = 21^\circ$, додека најголемата длабочина на ископ кај оваа шема изнесува $H = 116$ m. Распоредот на висините на етажите на откопната механизација според длабочината на зафатот е:

- I БТО систем со вкупна висина од 40 m;
- „0“ БТО систем со вкупна висина од 46 m;
- јагленов систем со вкупна висина од 30 m (со континуиран ископ).

Варијанта 2 на технолошкиот процес на откопување - оваа технолошка шема е предвидена помеѓу профилите 58-58' и 66-66', има генерален работен агол на косините од $\alpha = 19^\circ$, додека најголемата длабочина на ископот по оваа шема изнесува $H = 96$ m. Распоредот на висините на етажите на откопната механизација според длабочината на зафатот е:

- I БТО систем со вкупна висина од 30 m;
- „0“ БТО систем со вкупна висина од 46 m;
- Јагленов систем со вкупна висина од 20 m (со континуиран ископ).

Варијанта 3 на технолошкиот процес на откопување - технолошката шема е предвидена помеѓу профилите 47-47' и 53-53', односно 58-58' и 66-66', има агол на работната косина $\alpha=20^\circ$, а најголемата длабочина на ископот по оваа шема е $H=116$ m. Распоредот на висините на етажите на откопната механизација според длабочината на зафатот е:

- I БТО систем со вкупна висина од 42 m;
- „0“ БТО систем со вкупна висина од 46 m;
- јагленов систем со вкупна висина од 28 m (со дисконтинуиран ископ).

Варијанта 4 на технолошкиот процес на откопување - оваа технолошка шема е предвидена помеѓу профилите 58-58' и 66-66', има генерален работен агол на косините од $\alpha=17^\circ$, додека најголемата длабочина на ископот по оваа шема изнесува $H = 96$ m. Распоредот на висините на етажите на откопната механизација според длабочината на зафатот е:

- I БТО систем со вкупна висина од 30 m;
- „0“ БТО систем со вкупна висина од 46 m;
- јагленов систем со вкупна висина од 20 m (со дисконтинуиран ископ).

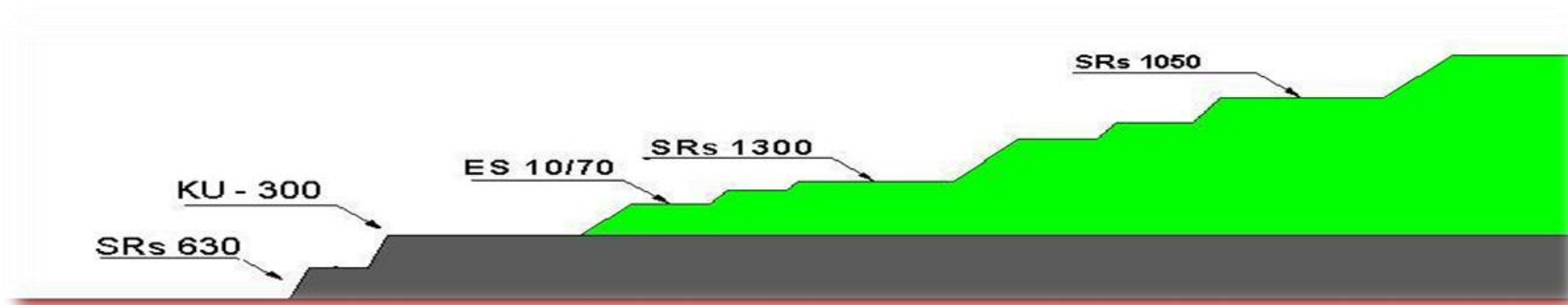
На сл. 4.14, 4.15, 4.16 и 4.17 е даден изгледот на технолошките шеми на работа. Од анализираните стабилности за работни косини оптоварени од опремата за експлоатација, за ниво на подземна вода на длабочина од 10 m (заводнетите косини) од котата на теренот и одводнетите косини за ниво кое одговара на порен притисок од $p_y=0,20$; 0,15 и 0,10 добиени се следниве резултати 4.13.

Табела 4.13. Стабилност на работните косини со механизација

Table 4.13. Stability of slopes with working machinery

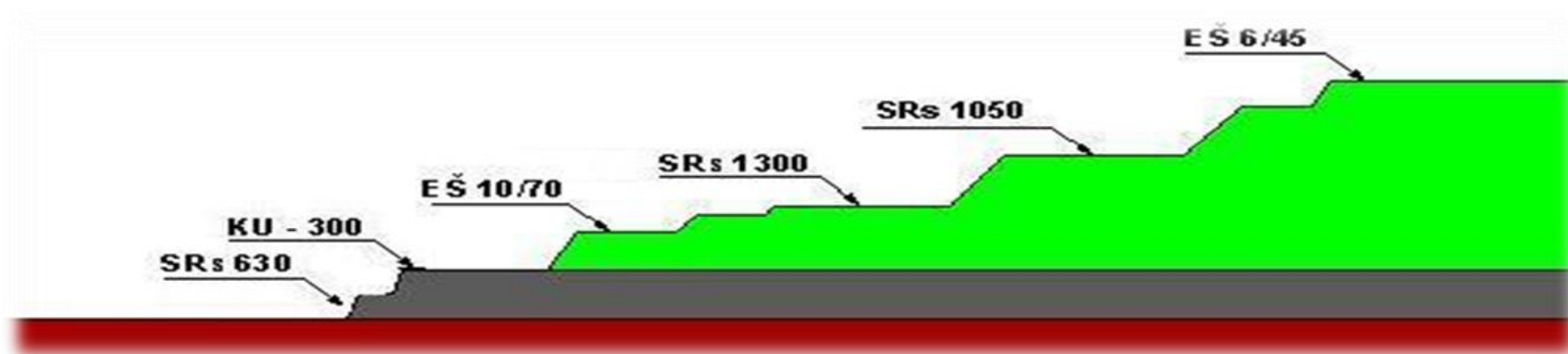
Варијанта Variation	Геометрија на косината Geometry of slope	$X_t = X - 10(\text{м})$	$p_y = 0,20$	$p_y = 0,15$	$p_y = 0,10$
1	$H = 116 \text{ м}$ $\alpha = 21^\circ, n_e = 9$	0.81	1.19	1.25	1.29
2	$H = 96 \text{ м}$ $\alpha = 19^\circ, n_e = 8$	0.95	1.31	1.36	1.41
3	$H = 116 \text{ м},$ $\alpha = 20^\circ, n_e = 10$	0.88	1.26	1.30	1.33
4	$H = 96 \text{ м}$ $\alpha = 17^\circ, n_e = 7$	1.03	1.41	1.46	1.50

Кај технолошките шеми на откопување со неодводнети косини, факторите на сигурност се движат од $F_s = 0,81-1,03$. Тие се помали од дозволената вредност $F_s \geq 1.15$. Во случаите на одводнетост на косините ($p_y=0,20$; $0,15$ и $0,10$) сите работни косини имаат вредности на факторот на сигурност $F_s = 1,19 - 1,50$ и истите се поголеми од дозволената вредност $F_s \geq 1.15$.



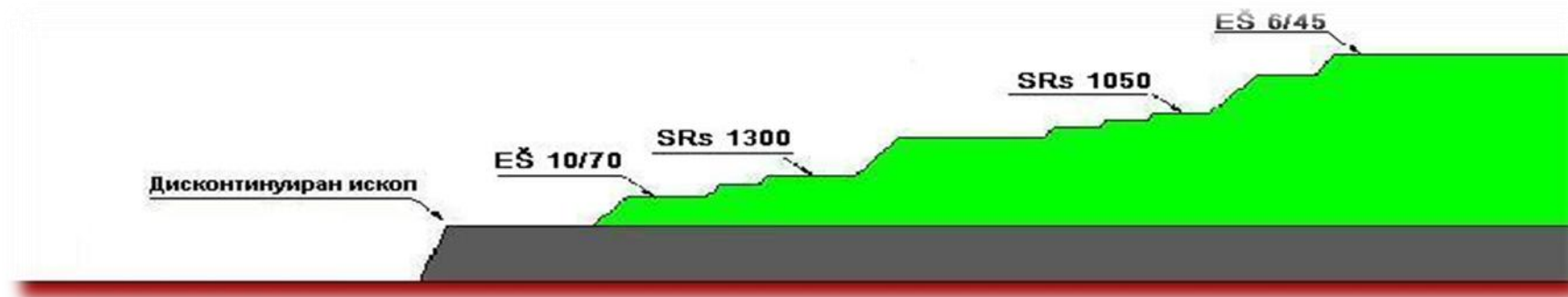
Слика 4.14. Карактеристичен профил на технолошката шема, варијанта 1 на откопување H = 116 m

Figure 4.14. A typical profile of the technological scheme, variant 1 of mining



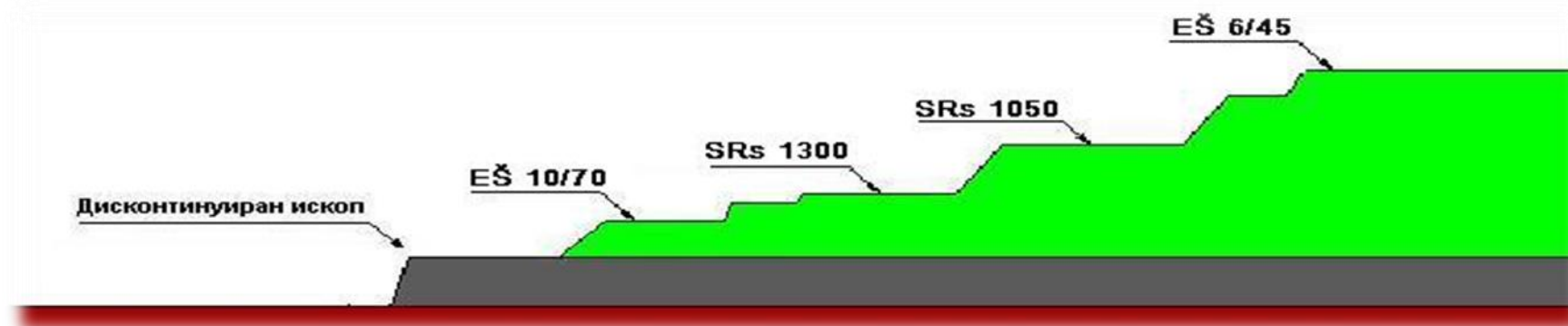
Слика 4.15. Карактеристичен профил на технолошката шема, варијанта 2 на откопување H = 96 m

Figure 4.15. A typical profile of the technological scheme, variant 2 of mining



Слика 4.16. Карактеристичен профил на технолошката шема, варијанта 3 на откопување $H = 116$ m

Figure 4.16. A typical profile of the technological scheme, variant 3 of mining



Слика 4.17. Карактеристичен профил на технолошката шема, варијанта 4 на откопување $H = 96$ m

Figure 4.17. A typical profile of the technological scheme, variant 4 of mining

4.8. Локација на одлагалиштата и капацитет за сместување на откопаната јаловина

Во фазата на отворање и развој на површинскиот коп ПЈС, јаловинските маси ќе бидат одлагани на надворешните одлагалишта, југозападно А и Б, западно и внатрешно (прилог 3), на кои ќе бидат одложени вкупно $220 \times 10^6 \text{ m}^3$ (см) јаловина. Откривката која се откопува од усекот на отворање и во првите три години од работа на ПК ПЈС ќе се одлага на надворешните (А и Б) одлагалишта.

Во пресметаниот простор на југозападното А или О-то одлагалиште на ПЈС можат да се за сместат $10.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ јаловина (Панов З., 2010, Упростен проект за надворешно О - одлагалиште).

На југозападното Б одлагалиште сместувачкиот простор изнесува $22.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ јаловина (основна концепција), во пресметаниот простор на западното одлагалиште од ПЈС можат да се за сместат $49.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ јаловина.

Вкупно пресметан простор за одлагање на надворешните одлагалишта изнесува $82.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ јаловина.

Одлагањето на откривката во внатрешното одлагалиште ќе се спроведе по создавањето на услови за негово формирање. При формирање на фигурата за отворање на површинскиот коп ПЈС, до почеток на внатрешно одлагање треба да се откопаат $34.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ откривка. Во пресметаниот простор на внатрешното одлагалиште на ПЈС можат да се сместат $171.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ јаловина.

$$V = V_N + V_V = 254.7 \times 10^6 \text{ (m}^3\text{)}.$$

V_N - вкупно простор за одлагање на надворешните одлагалишта (m^3) јаловина;

V_V - простор на внатрешното одлагалиште (m^3) јаловина;

V - вкупно простор за одлагање на надворешно и внатрешно одлагалиште (m^3) јаловина.

4.9. Потребна помошна механизација

Зголемувањето на продуктивноста во работата на активни површински копови и копови кои се проектираат е можно, пред сè, со механизација на помошните процеси и работи. Меѓутоа, недостатокот од помошна механизација или нецелосна комплетирана механизација на помошните процеси и работи, се одразува во повремени исклучувања (подолги од планираните) на основната опрема при работењето. Ваквиот приод кон овој проблем по правило се одразува на намалувањето на капацитетот на основните машини, што во конечниот резултат е повеќекратно поскапо од почетното вложување во механизација на помошните процеси и работи. Инвестициите во механизација на помошните процеси и работи најчесто се значително помали од инвестициите во механизација на основните процеси. Со зголемување на капацитетот на површинскиот коп и машините во основните процеси оваа разлика исто така се зголемува.

Секој основен процес на површинскиот коп е проследен и со следниве помошни работи:

- Копање и утовар на јаловина и минерална сировина која е надвор од дофатот на основната механизација за експлоатација, чистење на површината со јаловина до минералната сировина и за изведување на други работи на површинскиот коп и одлагалиштата, порамнување на етажните рамнини, изработка на преодни рампи, изработка и одржување на комуникационите траси, нивелациони работи и др.

- Зависно од потребите, помошната механизација ќе биде ангажирана и за спуштање на висечки делови од етажната косина; изградба на патишта и нивно одржување, изградба на канали за системот за одводнување, планирање на трасата на багерот, одлагачот и транспортерот, преместување на доводниот електричен кабел; планирање на трасата на багерот, одлагачот и транспортерот и др.

- Преместување на транспортерот; монтажа и замена на лентата; чистење на лентата и валјците од налепување и замрзнување на јаловината или јагленот, утовар на расфрлената јаловина или јаглен под и околу транспортерот, чистење и замена на валјците, планирање површина за

сместување и преместување на транспортерот; достава на резервни делови и материјали за ремонт и др.

Покрај помошните работи поврзани со основните процеси, постојат и основни и помошни работи на помошните процеси, како што се испитување на минерланата сировина, снабдување со енергија, ремонти и монтажа на опрема, складирање и друго. Ангажираноста на оваа опрема е секојдневна и тоа во текот на 24 часа. Постојат работилница и придружни објекти за одржување на машините, одржувањето на машините од помошната механизација е работа на Службата за одржување во рамките на комбинатот. На современите површински копови, на помошните процеси се ангажирани 20-30% од вкупниот број на работници. Покрај основната опрема за експлоатација на откривката и јагленот во ПЈС за несметана работа на површинскиот коп потребно е да им асистира и соодветна помошна механизација:.

Булдозер CAT D9H.....	2 (парчиња)
Поместувач на ленти CAT D9H	1 (парче)
Грејдер CAT G-14	1 (парче)
Ровокопач $\geq 135(\text{kW})$	1 (парче)
Дампер од 36 (t)	3 (парчиња)
Хидруличен багер CAT 385C	1 (парче)
Камион цистерна 5-7(m^3)	1 (парче)
Трактор со приколка $\geq 70(\text{kW})$	1 (парче)

5. ПРЕДЛОГ-АЛТЕРНАТИВНИ РЕШЕНИЈА ЗА ИЗБОР НА ОСНОВНА ОПРЕМА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА

Експлоатацијата на енергетските минерални сировини е во функционална зависност од повеќе фактори: природни, техничко-технолошки услови, економски (инвестициони вложувања во опремата, цена по тон ископан јаглен), резерва на капацитетот на опремата, загуби на јагленовите маси при експлоатацијата, разблажување на квалитетот на јагленот, технолошка погодност на опремата, организациони, еколошки и др. Имајќи предвид дека постои силна корелација помеѓу наведените фактори чијашто меѓусебна зависност се менува од случај до случај, елементите на функционалната зависност треба опционо да бидат прифатени и третирани со голема внимателност.

Од напред изнесените влијателни фактори, анализиран се три комбинации на опремата за експлоатација на ПЈС. Врз база на искусствените податоци, како и комплетната анализа, направена на постојните информации, добиени од литературни извори и во консултација со стручни лица од оваа област, како предлог-алтернативни решенија за избор на опрема за експлоатација на подинската јагленова серија се избрани следниве три варијанти:

A1 – Континуирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и јагленовите слоеви);

A2 – Комбинирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и дисконтинуиран ископ на јагленот);

A3 – Континуирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и комбиниран ископ на јагленот).

За континуиран ископ на откривката со три БТО системи за период од половина век на експлоатација (првите 8 години) и два БТО системи до крајот на векот на експлоатација на ПЈС, според Рудпроект (2008), цената на

чинење на откривката за $k_0 = 4.4 \text{ (m}^3/\text{t)}$ изнесува $\text{Totk} = 8.59\text{€}$, (односно 1.95 €/m^3).

Према искуствени податоци и направената консултација со стручни лица од оваа област, како и од калкулациите кои се направени врз база на литературни извори и податоците од постојната рударска документација, откопувањето на откривката со континуиран систем со два БТО системи за целокупниот век на експлоатација за $k_0 = 4.4 \text{ (m}^3/\text{t)}$ би се намалила за 5-10% од постојната цена на чинење. Од претходно изнесеното, цената за чинење на ископ на еден тон јаглен со вкалкулирана цена на чинење за ископ на откривката за предлог-алтернативните решенија ќе биде ориентационо, имајќи предвид дека Главниот рударски проект е заклучно објавен во 2008 год., така овој податок треба условно да се сфати.

Реалните пресметки покажуваат дека зголемувањето на цената на енергенсите би ја зголемило цената на чинење за ископ на еден тон јаглен, поаѓајќи од фактот дека во проектирањето цената на чинење на ископот се зголемува за секои 5-6 години за 10%, според Роровиќ (1957), сепак најмеродавно е да се прифати цената за ископ на еден тон јаглен и откривка дефиниран според Главниот рударски проект.

Општите карактеристики кои се заеднички за трите алтернативни решенија се:

Вкупна количина на јаглен за откопување	$50 \times 10^6 \text{ t}$
Вкупна количина на јаловина за откопување	$220 \times 10^6 \text{ m}^3$
Век на експлоатација	17 години
Годишен проектиран капацитет на јаглен	$3 \times 10^6 \text{ t}$
Годишен проектиран капацитет на јаловина	$13,2 \times 10^6 \text{ m}^3$
Среден коефициент на откривка*	$4,4 \text{ m}^3/\text{t}$
Број на смени	3 смени
Очекувана ДТВ на јагленот	7452 KJ/kg
Специфична тежина на јагленот во цврста состојба	1.2 t/m^3
Специфична тежина на јагленот во растресита состојба	0.8 t/m^3

5.1. A1 – Континуирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на отквивката и јагленовите слоеви)

Ова е постојниот систем на експлоатација, според оваа варијанта Панов (2010), за откопување, транспорт и одлагање на јаловината, откопување и транспорт на јагленот, се применува постојната опрема за континуирана работа, роторни багери, транспортери со ленти и одлагачи. Помал дел од масите на јаловината се откопува со багери дреглајни и се префрла во доменот на зафатот на роторните багери, од каде тие маси се товарат на транспортери со лента. Јагленот и јаловината со ленти се одвезуваат до одлагалишта односно до ТЕ. Оваа варијантата ја означувам како варијанта на континуиран технолошки процес, иако таа во потполност не е континуирана. Според оваа варијанта, откопувањето, транспортот и одлагањето на јаловината и откопувањето и транспортот на јагленот ќе го вршат следниве системи:

- I-БТО систем, го сочинуваат роторниот багер SRs -1050 со самооден транспортер BRs -1800, транспортери со лента од класата 1600 мм, во спрег со одлагачот A₂ RsB-5500, на овој систем ќе работи и багер дреглајн ЕШ 6/45 на јаловината која не е на дофат на роторниот багер, ископаната јаловина со багер дреглајн ќе биде одлагана на дофат на роторниот багер од овој систем SRs -1050, на слика 5.1. е прикажана работата на роторен багер во спрег со багер дреглајн.

- „О” БТО систем, роторен багер SRs-1300 транспортери со лента од класата 1.600 mm, одлагач A₂RsB-5500 ќе работи на откопување на јаловината и багер дреглајн ЕШ 10/70 на јаловината која не е на дофат на роторниот багер, па до покривот (т.н. кровина) на јагленовиот слој, која залегнува до дното од јагленовата серија. Багерот дреглајн ЕШ 10/70 откопаните маси ќе ги одлага во внатрешното одлагалиште.



Слика 5.1. Работа на роторен багер во спрег со багер дреглајн

Figure 5.1. Roto excavator in coupling with dreglajn excavator

Количините на јаглен кои се појавуваат (исклинуваат) во оваа фаза во источниот дел на овој систем изнесуваат 240.618 t. Словите на јаглен потенки од 6,0 m, кои ги копа багерот при селективна работа во рамките на „0“ БТО систем, учествуваат со 30%. Искористувањето на капацитетот на багерот SRs 1.300 при откопување на слоеви со дебелина од 2, 3, 4 и 6,3 m е прикажан во табела 5.2.

Табела 5.2. Искористување на капацитетот SRs 1300 при селективна работа

Table 5.2. Harnessing the capacity of SRs 1300 Selective work

Висина на резот (m) Height of cut	1	2	3	4	≈ 6
Искористување на капацитетот (%) Utilization of capacity	38	61	76	86	100

- Јагленов систем, кој се состои од роторни багери КУ-300 и СРС 630, самооден транспортер, транспортери со лента од класата 1.400 mm, врзан со главниот јагленов систем на површинскиот коп „Суводол“ (транспортерите од 1.400 mm треба да се купат). Во делот на површинскиот коп каде првиот и вториот подински јагленов слој се разделени со јаловина со помала дебелина, во рамките на овој систем работи и багер дреггајн ЕШ 10/70, кој ја откопува меѓуслојната јаловина и директно ја префрла на внатрешното одлагалиште.

По завршените работи во усекот за отворање, роторниот багер КУ-300 продолжува со работите на формирање на фигурата на отворање, од северната страна на етажниот транспортер, багерот КУ-300 откопува висински блок со променлива висина до 15 m, од јужната страна на етажниот транспортер ќе откопува длабински блок со променлива висина до 10 m.

Максималниот надолжен наклон при работа на багерот е 10% работи во спрег со самоодниот транспортер BRs 1800 или со BRs 5500. Максималната ширина која багерот КУ-300 може да ја откопа е 118 m т.е. 134 m, во зависност дали работи со самооден транспортер BRs 5500 или BRs 1800.

Во третата година етажниот транспортер се поместува радијално околу погонската станица и сукцесивно се продолжува. Во четвртата година и петтата година во следниот период се изведува паралелно поместување на етажниот транспортер. Откопните блокови се моделирани врз основа на техничко-технолошките можност на опремата, физичко-механичките својства, како и геолошките карактеристики на јагленовиот слој. Со оглед на залегнувањето на јагленот, висинските блокови да не поминуваат повеќе од 19 m, како и длабинските блокови да не поминуваат висина од 10 m.

Дисконтинуираната технологија на откопување на јагленот е предвидено да работи во источниот дел на копот, каде роторните багери заради своите технички карактеристики не се во можност да го откопуваат јагленот, односно каде јагленот залегнува од исток кон запад по наклон од 14° до 17° т.е. од 25% до 30%. Зоната каде што ќе се откопува јагленот со дисконтинуираната технологија (2.331.732 t јаглен) е во продолжение на транспортерите ЕТ₁/У и ЕТ₂/У т.е. источно од повратната станица на етажниот транспортер до источната граница на експлоатационото поле.

Максималната ширина (спрема своите технолошки можни работни параметри) која багерот SRs -630 со неговиот самооден транспортер BRs 1200 може да ја откопа е од 80 m до 100 m, со висински етаж до 15 m, прв длабински етаж 10 m, втор длабински етаж 4 m и со максимален надолжен агол при работа до 5%. Транспортот на јагленот од копот ПЈС се изведува преку копот „Суводол“ до ТЕ „Битола“ со постојниот транспортен систем за јаглен кој се состои од транспортер ЕТУ-2, ЗТУ-1, ЗТУ-2 и СТУ.

Калкулацијата на цената на чинење на еден тон јаглен од површинскиот коп ПЈС, според податоците од Рудпроект (2008), со коефициент на откривка од $k_o = 4.4 \text{ (m}^3/\text{t) год.}$, изнесува 11,02 €/t. Имајќи предвид дека Главниот рударски проект е заклучно објавен во 2008 год., време кога сè уште не беше навлезена целосно енергетската криза со енормното зголемување на цените на енергенсите, така и овој податок треба условно да се сфати. Реалните пресметки покажуваат дека зголемувањето на цената на енергенсите би ја зголемило цената на чинење на еден тон произведен јаглен. Сепак, најмеродаво е да се прифати цената за ископ на 1 тон јаглен, дефинирана според Главниот рударски проект. Значи, истата според алтернативата А1 (постојна технологија за откопување) изнесува 11.02 €/t.

5.2. A2 – Комбинирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на отквивката и дисконтинуиран ископ на јагленот)

Според оваа варијанта, откопувањето на јаловината е со континуирана опрема, ископот на јаловината за I- БТО и „О” БТО систем би бил ист како и за првата варијанта, додека на ископ на јагленот би работела дисконтинуирана механизација. Јагленовиот слој кој залегнува под зафатот на масите од „О” БТО - систем ќе се откопува со дисконтинуирана опрема. Прва задача при конечниот избор на големината на машината и уредот е избор на машината за утовар (багер) и транспорт на јаловината и минералната сировина. Изборот на волуменот на корпата на багерот и носивоста на камионите е тесно поврзан со елементите на системот на експлоатација и режимот на рударските работи.

Повеќе поризводни линии во процесот на експлоатација овозможуваат подобра организација на работата и ремонт на машините, го намалува коефициентот на резерви во капацитетите, дефектот на една од двете или повеќе производни линии само делумно го намалува капацитетот на производниот процес, но не го запира, па удвојувањето на машините во тој случај не е потребно, според Popović (1957).

Битно влијание врз капацитетот на багерот има и времето на замена на камионите, кое се состои од времето потребно за поставување на камионот под багерот и времето на чекање за утовар. Според американски искуства, во еден камион треба да собере 4-10 корпи. Ако тој однос е помал од 4 се појавуваат тешкотии при истоварот на масата од корпата, поради течно истоварање на центарот на сандакот на камионот, со што се зголемува траењето на циклусот и се намалува капацитетот на багерот. Ако односот на волуменот на сандакот на камионот и корпата на багерот е поголем од 10, се зголемуваат застоите и времето на замена на камионите што го намалува нивниот капацитет. Со зголемување на носивоста на камионот се зголемува нивниот капацитет, особено во границите од 20 до 30 t. Со намалување на бројот на камиони се намалува бројот на возачи, работна сила и работилници за одржување, што ја зголемува продуктивноста на работата и ја намалува цената на чинење на производството. Камионскиот транспорт на површинските копови интензивно се развива во последните години и се применува со тенденција на постојан пораст, како основен вид на транспорт и во комбинација

со друг вид на транспорт. Повеќе од 75% на површинските копови во САД применуваат камионски транспорт. Основните предности на камионскиот транспорт, поради што е избрана и оваа варијанта на транспорт за јагленот од ПЈС, се следниве:

1. поголеми маневарски способности на камионите, поради помал радиус на вртење (10-15 m), стрмни наколони на патиштата (10-12%), релативно мали димензии на камионите и независност од изворот на енергија;
2. можност за зголемување на капацитетот на багерот за 20-30%, што се постигнува со намалувањето на застоите на багерот во чекање на празни и кратки циклуси на ископ;
3. можност за користење на нестационарни и привремени патишта без посебни трошоци за нивна изградба, што создава услови за флексибилен развој на фронтот на рударските работи, етапна експлоатација, намалување на цената на чинење, рокот за изградба и сл.;
4. побрза и поедноставна изградба на усеци, што значително го скратува времето на отворање на одделни етажи, па со тоа се зголемува брзината на продлабочување на рударските работи и капацитетот на површинскиот коп;
5. дефект на камионот не предизвикува застој во работата на транспортот и не влијае на производниот процес.

Основни недостатоци на камионскиот транспорт на јаловина и суровина во површинските копови се: големи инвестициони вложувања во транспортни средства и висока цена на транспортот, поради што неговата примена е економична на растојание од 1 до 5 km; зависно од климатските услови (дожд, снег и сл.). Според истражувања и податоци од практиката, камионскиот транспорт првенствено се применува во следниве услови:

- при изградба на површински коп поради скратување на рокот;
- при ридски површински копови;
- при пократок век на работата на површинските копови;
- при селективно откупување;
- за транспорт на кратки растојанија од ископот до приемните уреди за изнесување од површинскиот коп;
- кај површинска експлоатација на лежишта со сложена или неправилна конфигурација, со ограничени димензии;
- за големи брзини на напредување на фронтот на рударските работи;

- за длабоки површински копови на коси и стрмни лежишта;
- како дел од комбиниран транспорт.

Ова варијантно решение за дисконтинуиран ископ на јагленот е преземена од Панов (2009).

За оваа варијанта е потребно да се купи дополнителна опрема за откопување на планираните количини на јаглен од копот на ПЈС. Транспортот на јагленот од копот ПЈС се изведува преку копот „Суводол“ до ТЕ „Битола“ со постојниот транспортен систем за јаглен, кој се состои од транспортер ЕТУ-2, ЗТУ-1, ЗТУ-2 и СТУ. Багерите лажичари би го откопувале јагленот кој му припаѓа на јаглениот систем. Откопаните количини на јаглен се транспортираат со дамперите до мобилната дробилка, која се наоѓа во зоната на товарење на јаглениот систем. Во понатамошните пресметки, податоците за специфична потрошувачка, како и цена на чинење на мобилната дробилка се преземени од Рудпроект (2008).

❖ Откопување на јагленот

Откопувањето на јагленот со годишен капацитет од 3.000.0000 тони ќе се извршува со хидроулични багери со длабинска лопата. Пресметките се дадени во продолжение.

Ефективниот часовен капацитет на копот ќе биде:

$$Q_h = Q_{kop} / T_{ef} = 3\,000\,000 / 4590 = 653.59 \text{ (t/h)} \approx 654 \text{ (t/h)}$$

$$N_h = N_{rd} \cdot N_{sm} \cdot N_{hsm} \cdot K_{ef}$$

$$N_h = 300 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 0,85 = 4.590 \text{ (h/god)}.$$

каде:

Q_{kop} – проектиран годишен капацитет на јаглен, (t/god);

N_h – број на ефективни часови во годината (h);

N_{rd} – број на смени во денот (смени);

N_{sm} – број на ефективни часови во смена (h);

K_{ef} – коефициент на искористеност на опремата.

За откопување на јагленот се предвидува хидроуличен багер со зафатнина на лопатата одоколу 5 - 6 m^3 (се планира багерот да работи во 3 смени), а за транспорт на јагленот во рамките на површинскиот коп ПЈС – „Суводол“ се предвидува зглобен дампер со носивост од околу 35-40 тони и зафатнина на сандакот од околу 23 - 25 m^3 . Спрегата багер со длабинска лопата со зафатнина од 5 до 6 m^3 и дампер со сандак со зафатнина од 23 до 25 m^3 е оптимална за експлоатација на јаглен. Истата кај повеќе производители на рударска опрема е стандардизирана со заеднички склопови, односно резервни делови.

Експлоатациониот капацитет на багерот со длабинска лопата е:

$$Q_{exp} = (3600 \times K_p \times K_v \times E) / t_c = (3600 \times 0,8 \times 0,59 \times 6) / 45 = 226.56 (m^3/h),$$

каде се:

K_p – коефициент на полнење на багерската лопата;

K_v – коефициент на временското искористување;

E – зафатнина на лопатата;

t_c – времетраење на 1 (еден) работен циклус на багерот;

$$t_c = 445 [s] = 0.75 (min).$$

Коефициентот на временското искористување се пресметува:

$$K_v = (60 - t_{pz} - t_{pp} - t_{nz}) / 60 = (60 - 5 - 5 - 15) / 60 = 0,59$$

каде се:

t_{pz} – време на подготвителни и завршни операции;

t_{pp} – време на планирани прекини;

t_{nz} – време на планирани застои.

Односно:

$$Q_{\text{exp}} = Q_{\text{exp}} \times \gamma_{\text{jr}} = 226 \times 0,8 = 181,25 \text{ (t/h)}$$

Потребен број на товарни лопати за товарање на јаловината:

$$n_{\text{tmj}} = Q_{\text{h}} / Q_{\text{exp}} = 654 / 181,25 = 3,6 \text{ (багери)} \approx 4 \text{ (багери)}$$

Потребни се 4 (четири) багери со длабинска лопата со зафатнина од 6 m³ за ископ на јагленот. Како можеен предлог за багер со длабинска лопата со зафатнина од околу 6 m³ се предвидуваат багерите-CAT 385C L или Liebherr R984 C Litronic.



Слика 5.3. CAT 385C L

Figure 5.3. CAT 385C L



Слика 5.4. Liebherr R984 C Litronic

Figure 5.4. Liebherr R984 C Litronic

❖ Транспорт на јагленот

Во пресметката за транспортот на јагленот од зоната за растоварување до приемниот пункт на дробилката е усвоена просечна должина од околу 1.100 метри. Транспортот се изведува во релативно лоши услови за транспорт. Етажните патишта се каливи во влажните денови и запрашени во летните и топли периоди. Од овие причини, освен неопходното одржување на патиштата (грејдирање, нивелација, одводнување и отпрашување), потребна е и набавка на руднички зглобни дамperi – погодни за овие сложени услови на работа. Според часовниот капацитет и соодносот багер - дампер најсоодветен би бил зглобен руднички камион - дампер со зафатнина на сандакот од околу 23 - 25 m³, односно со техничка носивост од околу 35 – 40 тони.

Потребниот број на лопати за товарење на дамперот изнесува:

$$n = (G_t \times K_{ps}) / g = (36 \times 0.7) / 3.84 = 6.56$$

каде се:

G_t – техничка носивост на дамперот;

g – маса на материјалот во товарната лопата;

K_{ps} – коефициент на полнење на дамперскиот сандак.

$$g = k_p \times V \times \gamma_{jr} = 0.8 \times 6 \times 0.8 = 3.84 \text{ (t)}$$

каде се:

k_p – коефициент на полнење на багерската лопата;

V – зафатнина на лопатата на багерот;

γ_{jr} – зафатнинска тежина на јагленот во растресита состојба.

Се усвојуваат 6 (шест) лопати за товарење на камионот.

Корисната (експлоатациона) носивост на камионот изнесува:

$$G_n = n \times g = 6 \times 3.84 = 23.04 \text{ (t)}$$

Коефициентот на искористување на носивоста на дамперот е:

$$K_n = G_n / G_t = 23.04 / 36 = 0.64 = 64 \text{ (\%)}$$

Забелешка: Искористеноста на зглобните камиони за транспорт на јаглен се движи во границите од 55 до 65%, имајќи ја предвид релативно малата зафатнинска тежина на јагленот во растресита состојба, како и лошите патни услови што камионите треба да ги совладуваат при транспортот.

Времетраењето на транспортниот циклус изнесува:

$$T = t_m + t_t + t_{pl} + t_i + t_{pr} \text{ (min)}$$

каде се:

t_m – време потребно за маневрирање на камионот во фазата на товарање и истовар;

t_t – време потребно за товарање на камионот;

t_{pol} – време потребно за возење на полн камион;

t_i – време потребно за истовар на камионот;

t_{pr} – време на возење на празен камион.

Време потребно за товарање:

$$t_t = n \times t_c / 60 = 6 \times 45 / 60 = 4,5 \text{ (min)}$$

Време потребно за возење на полн камион:

$$t_{pol} = S / V_{pol} = 1100 / 166.67 = 6.6 \text{ (min)},$$

каде се:

S – просечно растојание помеѓу откопите и одлагалиштето ($S = 1\,500 \text{ m}$);

V_{pol} – просечна брзина на полн камион (добиеен од каталошките спецификации на производителот на камионот и искуствените податоци од користењето на камионите во слични површински копови, $V_{pl} = 10 \text{ (km/h)}$;

$$V_{pl} = 10 \text{ (km/h)} = 10\,000 \text{ (m/h)} = 10\,000 / 60 \text{ (m/min)} = 166.67 \text{ (m/min)}.$$

Време потребно за возење на празен камион:

$$t_{pr} = S / V_{pr} = 1\,100 / 250 = 4.4 \text{ (min)}$$

каде се:

S – просечно растојание помеѓу откопите и одлагалиштето ($S = 1\,000 \text{ m}$);

V_{pr} – просечна брзина на празен камион (добиеен од каталошките спецификации на производителот на камионот и искуствените податоци од користењето на камионите во соседните површински копови, $V_{pr} = 15 \text{ (km/h)}$;

$$V_{pr} = 15 \text{ [km/h]} = 15\,000 \text{ (m/h)} = 15\,000 / 60 \text{ (m/min)} = 250 \text{ (m/min)}.$$

Според тоа, времетраењето на транспортниот циклус изнесува:

$$T = 2,5 + 4,5 + 6,6 + 2,5 + 4,4 = 20,5 \text{ (min)}$$

Експлоатациониот капацитет на дамперот изнесува:

$$Q_{\text{exp}} = (60 \times G_n \times K_v) / T = (60 \times 23,04 \times 0,9) / 19,5 = 59,7 \text{ (t/h)} \approx 60 \text{ (t/h)}$$

каде се:

G_n – корисна (експлоатациона) носивост на дамперот;

K_v – коефициент на временско искористување на транспортниот капацитет;

T – времетраење на транспортниот циклус на дамперот.

Потребниот број на дампера изнесува:

$$N = Q_{\text{hm}} / Q_{\text{exp d}} = 654 / 60 = 10,9 \text{ (камиони)} \approx 11 \text{ (камиони)},$$

каде се:

Q_{hm} – ефективен часовен капацитет на копот, (t/h) ;

$Q_{\text{exp d}}$ – експлоатационен часовен капацитет на камионот, (t/h).

Значи, усвојувам 11 (единаесет) руднички зглобни камиони со зафатнина на сандакот околу 23 m^3 и техничка носивост околу 36 тони. Коефициентот на резерва ($K_r = 1,15 - 1,20$) за хидрауличниот багер и дамперите не е земен предвид од причини што на копот од ПЈС ќе асистира и помошна механизација која за сите варијанти е иста. Како предлог руднички зглобни камиони со овие карактеристики би биле CAT 740, VOLVO A40D и HITACHI AH 500 D.



Слика 5.5. CAT 740

Figure 5.5. CAT 740



Слика 5.6. Дисконтинуиран ископ

Figure 5.6. Discontinued excavation

❖ Пресметка на цена за откоп на јаглен

Во ова поглавје ќе биде дадена ориентациона пресметка на цена за откоп на 1 тон јаглен. Кон оваа цена ќе биде додадена и цената потребна за откопување на потребната количина на откривка за откопување на 1 тон јаглен. Според податоците од Главниот рударски проект, цената на чинење на средниот коефициент на откривката ($k_0 = 4.4 \text{ m}^3/\text{t}$ годишно) од површинскиот коп ПЈС изнесува 8.59 €.

Во вкупниот број на опрема не е земен предвид резервниот број на багери (+1) и на дамperi (+2). Во продолжение е дадена пресметката за цена на ископ по тон јаглен.

Калкулацијата на цената на чинење на еден тон јаглен за ископ и транспорт од ПЈС се изработени аналогно на пресметката, според Панов (2009). Со оглед на тоа што оваа студија е објавена во 2009 год., поради енормното зголемување на цените на горивото во последениот период, во пресметката за цената на чинење на горивото е земена сегашната вредност. Реалните пресметки покажуваат дека зголемувањето на цената на горивото би ја зголемило и цената на чинење на еден тон јаглен. Според пресметките дадени во табелите 5.7. и 5.8. цена на ископ на 1 тони откопан јаглен изнесува 2.04 (€/t).

Имајќи предвид дека откопувањето на откривката е со континуиран систем дефиниран според Главниот рударски проект, трошоците за ископ спрема овој проект со 4.4 m^3 откривка изнесуваат $\text{Totk} = 8.59\text{€}$ (односно 1.95 €/m^3). За да се откопа 1 тон јаглен е потребно да се откопаат 4.4 m^3 откривка. Според тоа вкупната цена на ископ на 1 тони откопан јаглен со вклучена цена за ископ на 4.4 m^3 откривка за негово откопување изнесува:

$$T_{\text{ягвк}} = T_{\text{яг}} + \text{Totk} = 2.04 + 8.59 = 10.63 \text{ (€/t)}$$

Значи, цената за ископ на тон јаглен според варијанта А2 со сите вклучени трошоци изнесува: 10.63 €/t.

Табела 5.7. Трошок по тон откопан јаглен

Table 5.7. Cost per ton of excavated coal

Ред. бр. No	Опрема Equipment	Инвестиција € (1) Investments	Амортизација 17% €/god (2) Depreciation	Гориво KWh lit/h (3) Fuel	Трошок за гориво 4 1.14 €/lit €/h (4) Fuel Costs	Трошок за одржување €/god (5) Maintenance costs	Трошок по раб. час €/h (6) Cost per working hour	Трошок за работна сила по раб. час €/h (7) Cost of worker by working hour	Трошок по час €/h (8) Cost per hour
1	Багер со длабинска лопата (6 m3) Excavator with depth shovel	750000	125000	60	68.4	83333	113.788	4	117.788
2	Руднички зглобен камион (25 m3) Mining swivel camion	425000	70833	27	30.78	94167	66.727	4	70.727
3	Мобилна дробилица Mobile crusher	1370000	228333	0.3	0.036	137000	79.629	4	83.629

Табела 5.8. Трошок по тон откопан јаглен

Table 5.8. Cost per ton of excavated coal

Ред. бр. No	Опрема Equipment	Трошок по час €/h (8) Cost per hour	Број на опрема (9) Number of equipment	Вкупен трош. по раб. Час (10) Total cost per working hour	Трошок на вк. опрема по раб. час €/h (11) total equipment cost by working hour	Број на ефект. раб. час. h (12) Number of effective working hours	Вкуп. трошок за опрема € . (13) Total cost for equipment	Годишно план. производ. на јаглен t (14) Planned annual production of coal	Трошок по тон откопан јаглен €/t (15) Cost per ton of excavated coal
1	Багер со длабинска лопата (6 m3) Excavator with depth shovel	117.788	4	471.152	1332,749	4590	6117317.91	3000000	2.039
2	Руднички зглобен камион (25 m3) Mining swivel camion	70.727	11	777.997					
3	Мобилна дробилица Mobile crusher	83.629	1	83.6					

$$2.04 + 8.59 = 10.63$$

Каде:

1. Инвестициони вложувања за набавка на опрема;
2. Амортизација на основни средства (опрема) за период од 6 год., односно 27.540 раб. часа;
3. Специфична потрошувачка на гориво;
4. Трошоци за гориво по работен час на единица опрема;
5. Просечен годишен трошок за одржување (од производител) ;
6. Трошоци по работен час од амортизација, одржување и гориво;
7. Бруто-трошок за работна сила по работен час;
8. Трошоци збир на 6 и 7;
9. Број на опрема за откопување;
10. Вкупен трошок по работен час за поединечна опрема;
11. Вкупен трошок по работен час за целокупна опрема;
12. Број на ефективни работни часови во годината;
13. Вкупен годишен трошок за целокупна опрема;
14. Годишно планирано производство на јаглен;
15. Трошок за ископ за 1 t откопан јаглен.

5.3. А3 – Комбинирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на отквивката и комбиниран ископ на јагленот)

Варијантата за комбинирана опремата за експлоатација на јагленовите слоеви е користена од Главниот рударски проект. Според оваа варијанта ископот на јаловината за I- БТО и „О“ БТО систем систем би бил ист како и за претходната варијанта. Роторниот багер Ку-300 и самоодниот транспортер БРС-5500 се машини од постојниот коп „Суводол“, според оваа варијанта овој багер би работел на ископ на јаглен. Првиот јагленов слој кој се наоѓа во зафатот на масите од „О“ БТО - систем би го откопувал комбајнот од класата 2100-SM. Комбајнот 3500-SM или комбајнот 4000-SM ќе го откопува јагленот од вториот јагленов слој на подинската јагленова серија, според Рудпроект (2008). Капацитетот на опремата за оваа алтернатива е даден во табела 5.9.

Табела 5.9. Капацитет на опремата

Table 5.9. Equipment capacity

Назив на опремата Equipment	Q_{teor} (m^3/h)	Q_{teh} ($\text{m}^3\text{cm}/\text{h}$)	Q_{mg} ($\text{t}/\text{год}$) $\times 10^3$	Q_{pg} ($\text{t}/\text{год}$) $\times 10^3$	n
Комбајн 2100 -SM Combine 2100-SM	550	200/240	960	420	1
Комбајн 3500-SM Combine 3500-SM	2500	960/1150	2.661	2.580	1
Дампер ($V_s= 55 \text{ m}^3, T_n= 50 \text{ t}$) Dumper		120/144	576	3.000	6

каде:

V_s - волумен на сандакот на дамперот (m^3)

T_n – техничка носивост на дамперот (t)

Q_{teor} - теоретски капацитет (m^3/h)

Q_{teh} - технички капацитет ($\text{m}^3\text{cm}/\text{h}$)

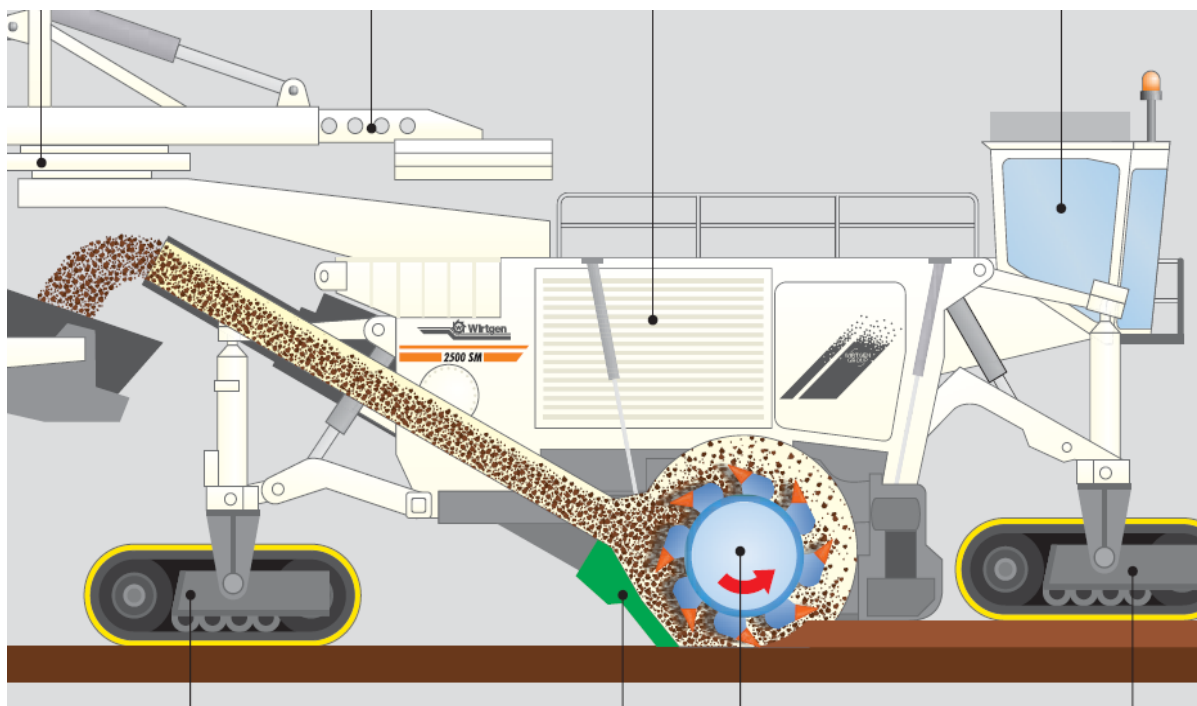
Q_{mg} - можно год. производ. на јаглен (t/год)

Q_{pg} - потребно год. производст. на јаглен (t/год)

n - потребен број на опрема (парчиња)

Транспортот на јагленот од комбајнот до етажот на јагленовиот систем на багер Ку-300 би се изведувал со дамperi со носивост од 50 t (предлог дампер CAT773 или БЕЛАЗ 7549) од каде преку етажен јагленов транспортер и транспортерите ЕТУ-2, ЗТУ-1, ЗТУ-2 и СТУ се транспортира до ТЕ „Битола“.

Валчестиот роторен багер (Surface Miners) SM го произведува фирмата Wirtgen од Winthagen, CP Германија. Се произведува во неколку величини како типови: 2100-SM, 3500-SM и 3800-SM. Цифрата пред ознаката ја означува ширината на валјакот, 2.100 mm односно 3.500 и 3.800 mm. Тоа се уреди за површински копови кои работат на принцип на глодање, со веќе порано развиена технологија во патната индустрија и градежништвото Makar (1990). Работниот орган е валјак со кружно распоредни заби. Откопаниот материјал се префрла на приемна лента која го доставува до лентата за истовар. Работниот орган и погонот со гасеници се хидраулични. Длабочината на копање и нивелацијата имаат автоматска електронска команда.

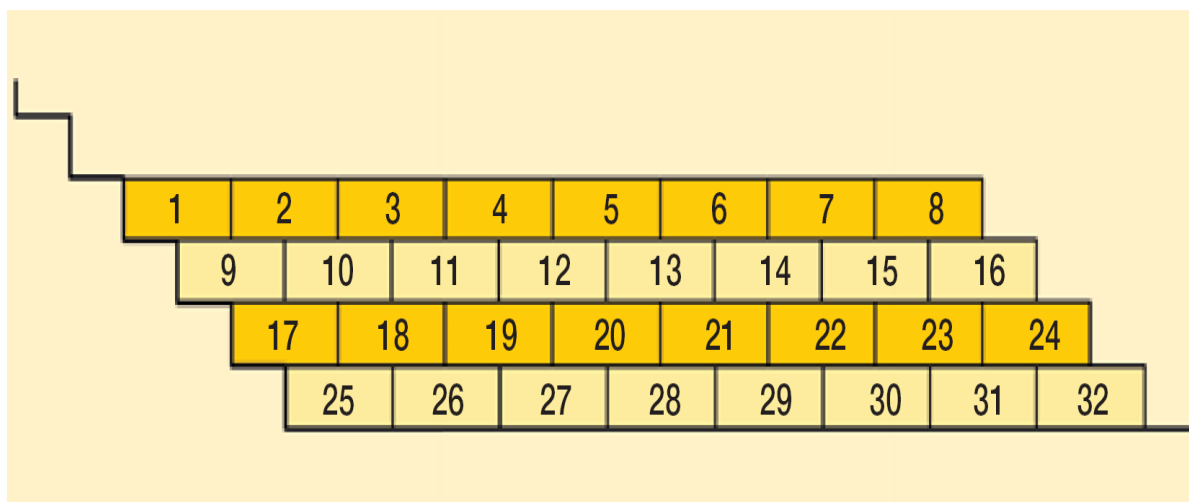


Слика 5.10. Принцип на работа на валчест роторен багер

Figure 5.10. Principle of operation of the roller roto excavator

Технологијата на работа на оваа машина ги обединува добрите својства на класичните роторни багери и скреперите. Работат континуирано на копање и транспорт како роторниот бегер, а лесно се подвижни и брзи како скрепер. Било да се копа во широк блок или во блок, поединечните резови можат да се поместат по вертикала за да се добие стабилен агол на наклонот. Длабочината на резот се врши со точност $\pm 10\text{mm}$ (сликите 5.10, 5.11, 5.12 и 5.13 се преземени од веб-страницата <http://www.wirtgen.com.mk> на 3 февруари 2011 година).

Методата на блокови подразбира поделба на слоевите на повеќе блокови, во потполност се откопува првиот блок, па потоа се преминува на следниот (вториот) по редоследот прикажан на слика 5.11. Дебелината на резот ја условуваат условите во работната средина, дебелината на јагленот и прослојките, отпорот на копање итн. Ширината на резот е ограничена со ширината на барабанот за режење.

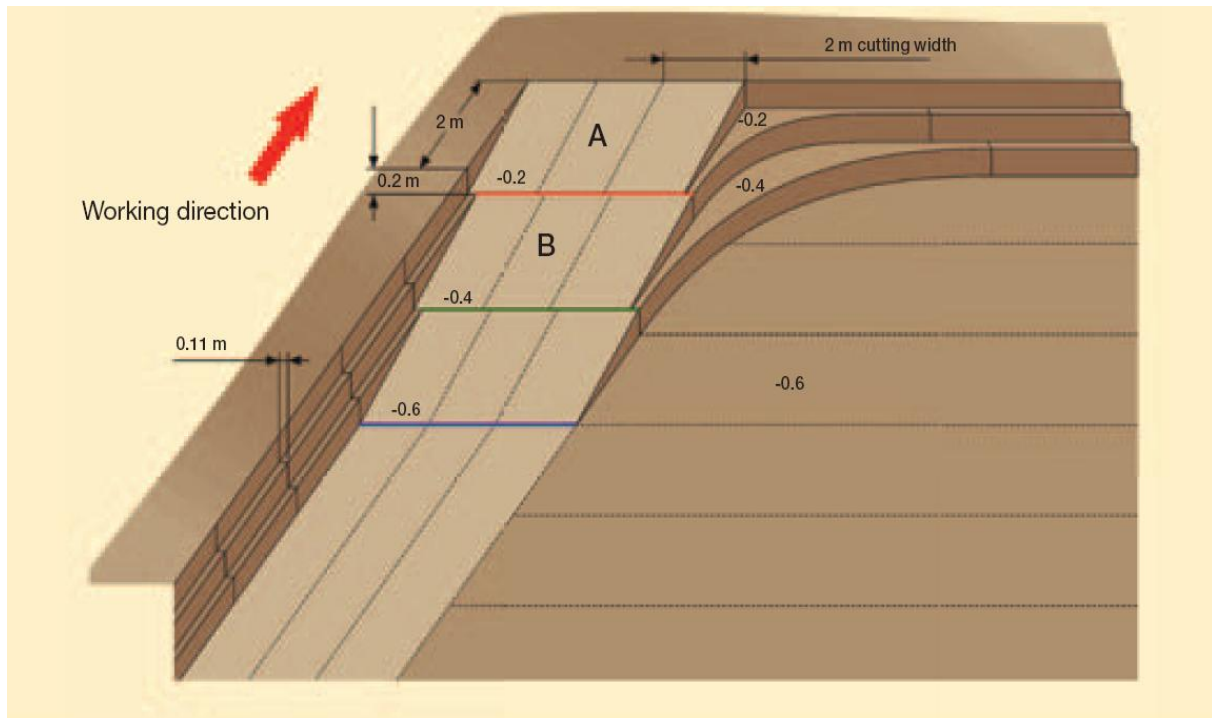


Шема 5.11. Површинска метода на откопување - метода на блокови

Scheme 5.11. Surface method unearthed - Method of bloc

Машината работи во еден рез долж целиот етаж, а на крајот од етажот се прави рампа со постепено изместување на секој рез. Рампата ја прави багерот без помошни уреди, изработката на рампа со технологија на блок метода на копање со Surface Miner 2100 SM е дадена на слика 5.12.

Рампата е изработена во ширина од три реза со насоката на работа прикажан на сликата, во првото поле од почетна позиција блокот го работи со длабочина на резот од -0.6 m до -0.4 m , во поле В почнува со длабочина на резот од -0.4 m и завршува со -0.2 m од каде почнува да го работи поле А и завршува со кота на нивелета од 0.0 m .



Шема 5.12. Технолошка шема при изработка на рампа

Sheme 5.12. Technological scheme for production of ramp

Валчестиот роторен багер според сегашната конструкција е направен за утовар во камиони. Можна е и комбинација со одвезување на суровината, одвезување на масите со транспортна лента со дополнителен уред кој би го спуштал или кревал ископаниот материјал до нивелетата на транспортерот со лента. Surface Miner SM има должина на истоварната лента од околу $10\text{ m} - 14\text{ m}$ и може да го подигне материјалот на висина од 8 m . Заради минимизирање на времето на застои при смена на камиони, празниот камион треба да е покрај машината, додека камионот што се товари во потполност не се наполни. Времето на заменување на камионите изнесува $15\text{ до }30\text{ (s)}$ и зависи од типот на комбајнот и големината на камионот. Врз времето на замена влијае и големината на маневарскиот простор и искуството на возачот.



Слика 5.13. Surface Miner 4200 SM, спрег во работа со дампер

Figure 5.13. Surface Miner 4200 SM, work in connection with dump

Теоретскиот капацитет се пресметува како производ на брзината на движење на машината, длабочината на резот и ширината на валјакот:

$$Q_t = 60 V_m h b \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Гранулацијата на ископаниот материјал според досегашните искуства изнесува од 0 до 300 mm, со тоа што може и да се зголеми со регулирање на растојанието помеѓу забите. Работната брзина на овие багери се движи од 0 до 20 m/min во зависност од отпорот на режење на материјалот, со надолжен наклон во работа 20% и максимален попречен наклон 8%. Поради можноста за прецизно дотерување на дебелината на резот, оваа машина е посебно погодна за селективна работа. Поради попрецизно одредување на слоевите кои мора селективно да се откопуваат, вршени се испитувања со гама зраци кои дале добри резултати. Доколку мора селективно да се откопуваат материјали, кај кои не постои разлика во интензитетот на зрачење, може да се примени методата со вградување на два таба за пресметување на разликата во цврстина, потоа со инфрацрвени зраци или ехо – сондери.

Според изнесеното, оваа машина може да има голема примена на површински копови кои имаат тенки слоеви на јаловина во лежиштето, за постигнување на целосна селективна работа, во комбинација со соодветна самоодна лента може да се врши и утовар на јаглен на етажен транспортер, а јаловината директно да се префрла во ископаниот простор. Ако вака ископаниот јаглен оди на натамошна преработка или на согорување во термоелектрана, првиот степен на дробење не е потребен. Багери од овој тип работат во Бразил (камен јаглен), Јужна Африка (гипс), Австралија (боксит) и САД (темен јаглен).

Цената на чинење на еден тон јаглен за ископ и транспорт од ПЈС се преземени од Главниот рударски проект, според оваа варијанта цена за ископ и транспорт на 1 t откопан јаглен изнесува 3.30 €/t. Имајќи предвид дека откопувањето на отквивката е со континуиран систем дефиниран според Главниот рударски проект, трошоците за ископ според овој проект со 4,4 m³ отквивка изнесуваат Totk = 8.59 € (односно 1.95 €/m³). За да се откопа 1 t јаглен е потребно да се откопаат 4.4 m³ отквивка. Според тоа, вкупната цена на ископ на 1 t откопан јаглен со вклучена цена за ископ на 4,4 m³ отквивка за негово откопување изнесува:

$$T_{jagvk} = T_{jag} + Totk = 3.30 + 8.59 = 11.89 \text{ (€/t)}$$

Значи, цената за ископ на тон јаглен според варијанта А3 со сите вклучени трошоци изнесува: 11.89 €/t.

5.4. Потребни инвестициони вложувања на предложените варијанти

Цените на чинење на опремата се преземени од користените литературни извори за предложените варијанти.

За реализација на првата предложена варијанта е потребна набавка на еден транспортер од 1.400 mm, со должина од $L=2300$ m за која е потребно да се направи инвестиционо вложување од 4.439.900 $\approx 4,40 \times 10^6$ € и една разделна лента со вредност околу $1,2 \times 10^6$ €, односно вкупно вложување за оваа варијанта околу $5,6 \times 10^6$ €.

За реализација на втората предложена варијанта е потребна набавка на четири багери лажичари, со запремина на корпа од 6 m^3 . Цената на чинење на еден ваков бегер е околу 750.000 € и единаесет камиони - дампера со носивост од 36 t со цена на чинење на еден околу 425.000 €.

Багери лажичари, $6 \text{ (m}^3\text{)} \dots 4$ (парчиња)3.000.000 €

Дампера, од 36 (t)11 (парчиња)..... 4.675.000 €

Подвижна дробилка1 (парче)..... 1.370.000 €

Вкупното инвестиционо вложување за оваа варијанта би било околу 9.045.000 €, односно $\approx 9,05 \times 10^6$ €.

За реализација на третата предложена варијанта е потребна набавка на еден транспортер од $B=1.400$ mm, со должина од $L=1.500$ m, еден комбајн Surface Miner 2100 SM, еден Комбајн Surface Miner 3500 SM или Surface Miner 4000 SM и шест камиони - дампера со носивост од 50 t, со земена цена на чинење на еден дампер околу 530.000 €.

Комбајн 2100 SM1 (парче)..... 1.500.000 €

Комбајн 3500 SM 1 (парче) 4.500.000 €

Дампера 50 (t)6 (парче)..... 3.180.000 €

Транспортер..... 2.895.000 €

Вкупното инвестиционо вложување за оваа варијанта би било околу 1.207.500 € или $\approx 12,08 \times 10^6$ €.

5.5. Динамика на вклучување на опремата во експлоатација на ПЈС

Формирањето на фигурата на отворање и етажите на површинскиот коп ПЈС ги започнува први БТО систем, откако ќе ги откопа масите кои се дадени во табела 4.11., роторниот багер SRs -1050 со работата во внатрешниот усек престанува на 31 декември 2011 г., се транспортира и во рок од пет дена се вклучува на новопоставениот етажен транспортер. Во рамките на наведените пет дена, покрај откачувањето од едниот БТО систем, транспортот и повторното вклучување во работа ќе му се направи и сервис. Транспортниот пат е со должина од околу 550 m по рампа која е претходно направена. Заедно со багерот се транспортира и самоодниот транспортер. Роторниот багер со откопување на фронтот на ПЈС започнува на 6 јануари 2012 г. На местото на роторниот багер на први БТО систем влегува роторниот багер од „0” БТО систем, роторен багер SRs -1300, овој багер пред да влезе во фронтот на ПК ПЈС во усекот за отворање ќе ги откопа масите кои се наведени во табела 4.11. Ова значи дека роторниот багер од „0” БТО систем со откопување на ПК ПЈС може да започне во април 2012 г., секако, доколку сè тече според планираната динамика.

Корекциите на термините се случија како последица на дополнителните пресметки и согледување на термините. Времињата на траење на активностите наместо за календарска можат да се врзат за секвенцијална година на започнување со работите (календарските времиња се релативизирани заради доцнењето со набавката на новата опрема и машини). Датумите се неизвесни, по коректна би била детерминацијата прва година на откопување, втора итн. Прва година би била 2012 г., а понатаму би се следел логички след. Значи, временскиот термин во кој би можел да се отвори ПК ПЈС е кон средината на 2012 година и да постигне производство на јаглен од $1,5 \times 10^6$ t во 2012 г., од внатрешниот усек за отворање и $3,0 \times 10^6$ t во 2013 година од површинскиот коп. Во табела 5.14. е направена анализа на времето на ангажирање на опремата според алтернативните решенија за соодветната варијанта.

Табела 5.14. Динамика на вклучување на опремата за експлоатација во ПЈС

Table 5.14. Dynamics involving mining equipment in UCS

Багерска единица/година Excavator unit/year	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2027
АЛТЕРНАТИВАТА А1 / Alternative A1								
SRs - 1050								
SRs - 1300								
KU- 300								
SRs - 630/1								
ЕШ - 10/70 - 3								
ЕШ - 6/45- 1								
АЛТЕРНАТИВАТА А2 / Alternative A2								
SRs - 1050								
SRs - 1300								
ЕШ - 10/70 - 3								
ЕШ - 6/45- 1								
Диск.опрема/Disc.equipment								
АЛТЕРНАТИВАТА А3 / Alternative A3								
SRs - 1050								
SRs - 1300								
KU- 300								
ЕШ - 10/70 - 3								
ЕШ - 6/45- 1								
2100SM								
4200SM								

6. ИЗБОР НА ОПТИМАЛНА ОПРЕМА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА

Зголемената побарувачка на енергетските ресурси рапидно ја зголеми експлоатацијата на минералните енергетски сировини во светот, а и кај нас, особено во последните десетина години. Беспштедната берзанска борба, зголемувањето на цените на енергенсите, експлоатацијата на сè посиромашни и понекавалитетни енергетски наоѓалишта, ја наметнува потребата од детални анализирања и истражувања во рударството, а пред сè во проектирањето и планирањето. Сè повеќе доаѓа до израз неопходноста од влучувањето на комплексните инженерски пресметки, моделирања, надзор, управување и комплетно автоматизирање на работниот процес. Имајќи предвид дека со процесот на планирање и проектирање се изработуваат голем број на варијантни решенија, односно се доаѓа до повеќе можни алтернативи, а како решенија е неминовен изборот на само едно, неопходно се наметнува потребата од воведување на процесот на одлучување. Одлучувањето како постапка е избор помеѓу повеќе можни алтернативи од множество на претходно подготвени (дефинирани) алтернативи, односно избор помеѓу повеќе можни алтернативни решенија за третирањот проблем – одредување на цена за ископ на јаглен и отквивка и оптимален избор за експлоатација на јаглен. За ова поглавје, како и за поглавје 3, е користена литература според Панов (2001, 2009, 2010).

Оптимизацијата на предложените варијанти на основната опрема ќе биде извршена со методи на повеќекритериумска оптимизација.

Имено, повеќекритериумската оптимизација дава можност за оптимизирање, не само по една критериумска функција (на пример, минимална цена на ископ и товарање на јаглен), туку и вклучување на други критериумски функции со различен карактер.

6.1. Изработка на повеќекритериумски модел

Адаптирајќи ги условите за моделирање на процесот на одлучување при донесување на одлука за избор на оптимален систем за отворање и експлоатација при минимална цена на чинење на откоп на јаглен, процесот на одлучување беше прикажан по фази во поглавје 3.3. (слика 3.3.).

6.1.1. Идентификација на факторите кои имаат влијание врз поставување и решавање на проблемот

Врз основа на деталните истражувања на критериумите кои имаат најголемо влијание во изборот на системот на отворање, како и врз основа на современите светски искуства од оваа проблематика, како и консултациите со повеќе експерти од оваа област, групирани се и издвоени следниве фактори кои имаат значајно влијание врз поставувањето и решавањето на проблемот:

- мора да обезбедува синхронизиран режим на рударските работи,
- да создаде услови за минимални временски рокови за изградба на целокупниот рудник,
- цена на чинење на ископ на 1 t јаглен,
- да обезбеди услови за работа, степен на одводнување и стабилност на копот,
- временско вклопување на опремата,
- ангажираност на опремата (организираност во работата),
- остварување на проектираниот капацитет на отквивката и корисната минерална суровина,
- степенот на исполнување на алтернативното решение,
- еколошки аспекти и влијание врз животната средина

Логично е дека минималната цена на чинење за ископ и утовар на јаглен е главна критериумска функција, но не и единствена, но таа би добила најголема тежина – преференца на одлучувањето.

Од претходно наведеното се наметнува неминовноста од воведување на повеќекритериумска оптимизација во одредувањето на изборот на оптимален систем за отворање и експлоатација. Во литературата се среќаваат два основни начина за оптимален избор на систем на отворање и експлоатација, и тоа:

- принцип на пресметка и елиминација -теоретски развиена од Wasilewski (1975) и
- метода на рангирање - теоретски развиена од Asimov, а подетално разработена од Wisniewski (1974).

Токму последниот пристап - метода на рангирање укажува на можноста од целосна апликативност на повеќекритериумската оптимизација при оптималниот избор на системот на отворање и технологијата на експлоатација.

Примената на теоријата на рангирање со примена на повеќекритериумската оптимизација се врши за неколку познати варијантни решенија. Притоа со повеќекритериумската оптимизација ќе се добие ранг-листа на варијантите решенија подредени според критериумите, според кои е извршена оптимизацијата.

6.1.2. Дефинирање на моделот

Основната цел на овој труд е одредување на оптимален систем на експлоатација (технологија) од предвидените три алтернативни решенија на предложената опрема. Изборот на оптимална опрема е извршен преку повеќекритериумска оптимизација, постапката се состои во следниве чекори:

1. Утврдување на алтернативните решенија;
2. Избор на критериумски функции;
3. Дефинирање на критериумските функции;
4. Утврдување на нивните влијанија (тежини);
5. Нормализација на тежините;
6. Квантификација на квалитетите на атрибутите;
7. Изработка на повеќекритериумски модел;
8. Избор на метода за повеќекритериумска оптимизација;
9. Решавање на моделот и
10. Уврдување на оптимално решение.

6.1.3. Анализа на проблемот и утврдување на варијантните решенија

Според анализата на постојната техничка документација за Рудникот „ПЈС-Суводол“, современите светски искуства од областа на рударството, како и консулациите со стручниот тим на Рудникот „Суводол“ се утврдени три алтернативни решенија кои беа дадени како предлог (поглавје 5). Значи, утврдени се следниве алтернативни решенија (табела 6.1.).

Табела 6.1. Алтернативи

Table 6.1. Alternatives

Бр. No	Алтернатива Alternative	Ознака Mark
1	Континуирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и јагленовите слоеви) Continuous mining equipment (continuous excavation of overburden and coal layers)	A1
2	Комбинирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и дисконтинуиран ископ на јагленот) Combined equipment for mining (continuous excavation of overburden and discontinued mining of coal)	A2
3	Континуирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и комбиниран ископ на јагленот) Combined equipment for mining (continuous excavation of overburden and combined mining of coal)	A3

6.1.4. Избор и идентификација на критериумите

Имајќи ги предвид претходно дефинираните фактори кои имаат влијание врз поставувањето и решавањето на проблемот, како и комплетната анализа во претходното поглавје, избрани се и идентифицирани критериумите кои имаат најголемо влијание во решавањето на моделот.

K1 – Овој критериум претставува цена на чинење на 1 тон произведен јаглен и се стреми кон **min**. Вкупните трошоци за производство на еден тон јаглен се нарекуваат цена на чинење и претставува збир на сите трошоци за подготовка, ископ на откривката и јагленот, транспорт, бруто плати, инвестиции, одводнување, одржување, амортизација и друго. За овој магистерски труд е земен ориентационен податок за цената на чинење на 1 тон произведен јаглен, според литературни податоци, соодветно за секоја алтернатива.

K2 - Критериум на подготвителни работи кој се стреми кон **min**, за создавање на услови за нормално функционирање на системите за експлоатација, односно дава оценка на обемот, степенот на сложеност, времето на подготовка, потребното искуство и предзнаење, опасностите при подготовка, влијанието врз останатите процеси на експлоатација и др. Оценката на овој критериум е квалитативен, односно описен, па поради тоа му се доделуваат квалитативни оценки за секоја алтернатива.

K3 – Критериум кој ја покажува брзина на постигнување на планираната динамика, односно реализирање на планираната динамика за отворање и развој на ПЈС и се стреми кон **max**. Овој критериум во голема мера зависи од брзината за набавка, инсталација и пуштање во редовна експлоатација на новонабавената опрема, како и преместување на постојната. Овој критериум е квалитативен, односно описен, па поради тоа му се доделуваат квалитативни оценки за секоја алтернатива.

K4 - Критериум на процената вредност на инвестициони вложувања во опрема за соодветна алтернатива, кој се стреми кон **min**, претставува цена потребна за набавка на нова опрема за реализирање на планираната динамика и нормално функционирање на површинскиот коп ПЈС. За овој магистерски труд е земен ориентационен податок за процената вредност на инвестициони

вложувања во опрема, според литературни податоци, соодветно за секоја алтернатива.

K5 – Критериумот K5 претставува оценка за потребниот степен на обука, доквалификување и перманентно образование на работниот кадар, потребно при воведување на нов систем за експлоатација. Овој критериум се стреми кон **min**, оценката на овој критериум е квалитативен, односно описен, па поради тоа му се доделуваат квалитативни оценки за секоја алтернатива.

K6 – Овој критериум е квалитативен, односно описен, па поради тоа му се доделуваат квалитативни оценки за секоја алтернатива. Критериумот K6 претставува коефициент на загуби на маси на јаглен при откопување и се стреми кон **min**. Коефициентот на загуби претставува однос на вкупното количество на пресметани резерви јаглен во наоѓалиштето и откопаниот јаглен од наоѓалиштето. Загубите на маси јаглен во се пресметува по следниов израз:

$$k_z = Q_{rez} / Q_{otk}$$

$$k_z = [(Q_{rez} / Q_{otk}) - 1] \times 100 = (\%)$$

каде:

k_z –загуби на маси јаглен

Q_{rez} – вкупното количество на пресметани резерви на јаглен во наоѓалиштето (t)

Q_{otk} – откопаниот јаглен од наоѓалиштето (t).

K7 – Критериумот K7 ги претставува еколошките аспекти на системот за експлоатација и се стреми кон **min**, односно го оценува влијанието на планираниот систем на експлоатација врз животната средина. Овој критериум е квалитативен, односно описен, па поради тоа му се доделуваат квалитативни оценки за секоја алтернатива.

Избраните критериуми кои имаат најголемо влијание во решавањето на моделот врз алтернативните решенија се дадени во табела 6.2.

Табела 6.2. Критериуми

Table 6.2. Criteria

Ред. бр. No	Критериум Criteria	Ознака Mark
1	Цена за ископ на 1 t јаглен The price for excavation of 1 t coal	K1
2	Подготвителни работи Preparations	K2
3	Брзина на постигнување на проектираниот капацитет Speed to reach an on projected capacity	K3
4	Инвестиционо вложување Investments	K4
5	Степен на обука и доквалификување The degree of training and retraining	K5
6	Загуби на маси јаглен Loss of coal masses	K6
7	Еколошки аспекти на системот на експлоатација Ecological aspects of the system of exploitation	K7

❖ Утврдување на влијанија (тежини) на критериумите

Секој од овие критериуми има свое влијание (тежина) врз алтернативните решенија. За да се изврши дефинирање на тежините на критериумските функции за алтернативните решенија беа направени:

- анализи на техно-економските анализи и други стручни информации;
- консултации и анкети на експерти од областа на површинската експлоатација (анкетата беше спроведена од 28 март до 31 март 2011 година и во анкетата беа опфатени 10 стручни лица од ПЕ „Рудници“ - Битола);
- пресметка на средни (просечни) вредности на тежините добиени од горенаведените постапки.

На овој начин се добиени следниве тежини на критериумските функции (табела 6.3.).

Табела 6.3. Тежини на критериумските функции

Table 6.3. Importance of criteria functions

Ред. бр. No	Критериум Criteria	Ознака Mark	Тежина Importance
1	Цена за ископ на 1 t јаглен The price for excavation of 1 t coal	K1	10
2	Подготвителни работи Preparations	K2	4
3	Брзина на постигнување на проектираниот капацитет Speed to reach an on projected capacity	K3	6
4	Инвестиционо вложување Investments	K4	9
5	Степен на обука и доквалификување The degree of training and retraining	K5	3
6	Загуби на маси јаглен Loss of coal masses	K6	5
7	Еколошки аспекти на системот на експлоатација Ecological aspects of the system of exploitation	K7	3

❖ Нормализирани тежини и цел на критериумите

Сите повеќекритериумски методи користат т.н. нормализирани тежини, односно збирот на сите тежини на критериумите треба да биде еднаков на 1 (еден). По извршеното нормализирање со пондерисување на тежините се добива следнава табела 6.4., каде е дадена и природата (цел) на критериумите.

Табела 6.4. Приказ на нормализирани тежини и цел на критериумите

Table 6.4. Normalized importance of the criteria and purpose

Ред. бр. No	Критериум Criteria	Ознака Mark	Тежина Importance	Цел Target
1	Цена за ископ на 1 t јаглен The price for excavation of 1 t coal	K1	0.25	min
2	Подготвителни работи Preparations	K2	0.1	min
3	Брзина на постигнување на проектираниот капацитет Speed to reach an on projected capacity	K3	0.15	max
4	Инвестиционо вложување Investments	K4	0.225	min
5	Степен на обука и доквалификување The degree of training and retraining	K5	0.075	min
6	Загуби на маси јаглен Loss of coal masses	K6	0.125	max
7	Еколошки аспекти на системот на експлоатација Ecological aspects of the system of exploitation	K7	0.075	min

6.1.5. Трансформација на квалитетите на атрибутите на моделот

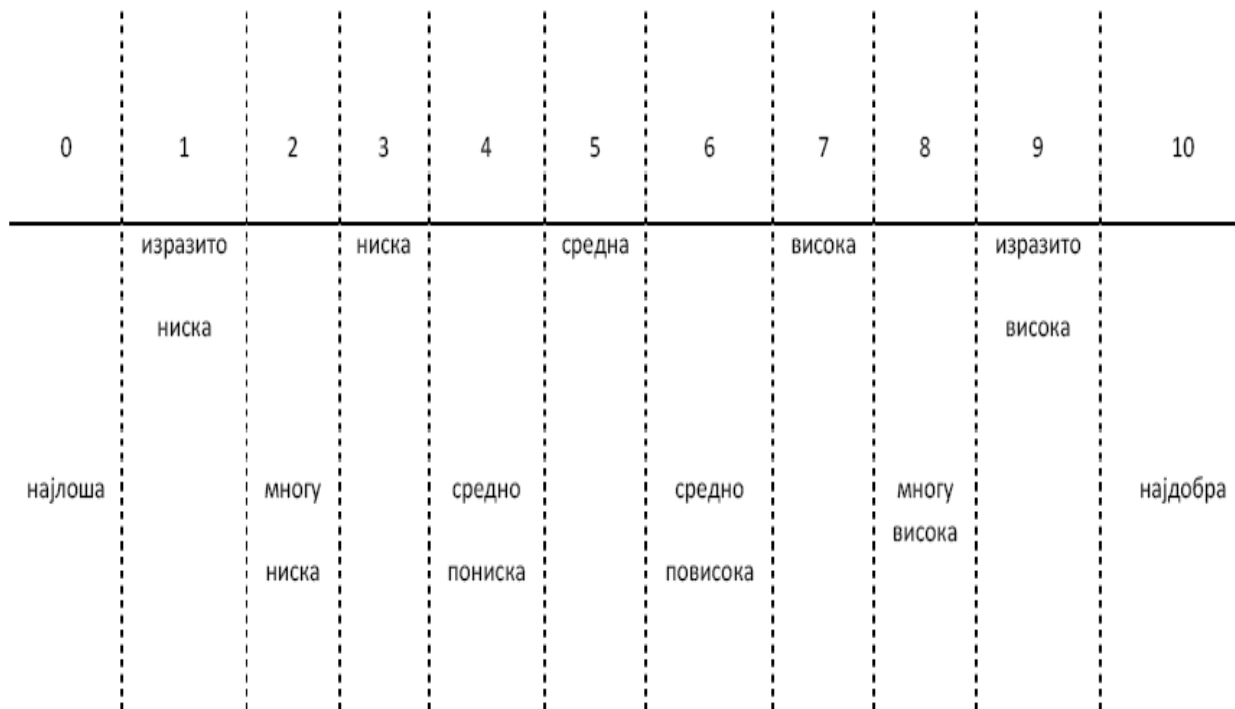
По извршена анализа на оценките на одделните критериуми за секое алтернативно решение, добиен е повеќекритериумскиот модел (табела 6.5).

Табела 6.5. Повеќекритериумскиот модел

Table 6.5. Multifactor model

Алтернатива Alternatives		Критериум Criteria						
		Цена €/t Costs	Подготвителни работи Preparations	Брзина на постигнување проектиран капацитетот Speed to reach an on projected capacity	Инвестиција. € Investments	Обука Training	Загуби % Losses	Еколошки аспект Ecological aspects
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Цел		min	min	max	min	min	max	min
Алтернатива I Alternative I	A1	11.02	многу високи very high	високи high	5.6	ниска low	високи high	средно високи Medium high
Алтернатива II Alternative II	A2	10.63	Високи high	високи high	9.05	ниска low	средни medium	високи high
Алтернатива III Alternative III	A3	11.89	ниска low	средни medium	12.08	средно повисоки higher secondary	ниски low	високи high
Тежини Importance	wj	0.25	0.1	0.15	0.225	0.075	0.125	0.075

Поради тоа што повеќекритериумскиот модел е дефиниран со описни оценки, потребно е нивно трансформирање во нумеричи вредности. За таа цел наједноставно е користење на линеарна скала на трансформација (графикон на слика 6.6).



Слика 6.6. Графикон на линеарна трансформација на квалитети на атрибути
 Figure 6.6. Graph of linear transformation of the qualities of attributes

❖ Повеќекритериумскиот модел

По завршената квантификација на квалитетите на атрибутите на повеќекритериумскиот модел за избор на оптимален систем на експлоатација е даден во табела 6.7.

Табела 6.7. Трансформиран повеќекритериумски модел

Table 6.7. Transformation multifactor model

Алтернатива Alternatives		Критериум Criteria						
		Цена €/t Costs	Подготвителни работи Preparations	Брзина на постигнување проектиран капацитетот Speed to reach an on projected capacity	Инвестиција. € Investments	Обука Training	Загуби % Losses	Еколошки аспект Ecological aspects
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Цел Target		min	min	max	min	min	max	min
Алтернатива I Alternative I	A1	11.02	8	7	5.6	3	7	6
Алтернатива II Alternative II	A2	10.63	7	7	9.05	3	5	7
Алтернатива III Alternative III	A3	11.89	3	5	12.08	6	3	7
Тежини Importance	wj	0.25	0.1	0.15	0.225	0.075	0.125	0.075

6.2. Решавање на моделот

Најчесто применувана метода за оптимизација во површинските копови е метода PROMETHEE, поради предностите кои ги поседува во однос на останатите методи за оптимизација, образложени во поглавје 3. Имајќи предвид дека станува збор за повеќекритериумски модел, решавањето на моделот ќе биде изведено по метода PROMETHEE I и PROMETHEE II. Методата PROMETHEE I дава делумен поредок на алтернативите, за разлика од неа, методата PROMETHEE II дава потполн поредок.

Потполното рангирање на алтернативите со метода PROMETHEE II ја класифицира оваа метода како една од најприфатливите методи за решавање на проблемите на повеќекритериумската оптимизација.

6.2.1. Решавање на повеќекритериумски модел со метода PROMETHEE

Според современите светски искуства, направената анкета и врз основа на моја проценка, одбрани се следниве облици (типови) на генерализирани критериуми. Во основа, методата PROMETHEE користи шест генерализирани критериуми за прикажување на преференциите на донесителот на одлуките за конкретните критериуми. Според поглавје 3 и на равенките од 3.10. до 3.28., и врз основа на колективна проценка, одбрани се следниве облици на генерализирани критериуми (табела 6.8.). Постапката за решавање на моделот е опишана во точка 3.2.1. За решавање на повеќекритериумскиот модел е користена компјутерската програма изработена во Microsoft Excel.

Одредување на функцијата на преференција на алтернативата A_i во однос на алтернативата A_s за критериум f_j се дадени во продолжение во табелите 6.9, 6.10 и 6.11. Вредноста на функцијата на преференција на првата алтернатива во однос на останатите, за сите седум критериуми се дадени во табела 6.9.

Табела 6.8. Влезен модел

Tabela 6.8. Input model

		Критериум Criteria						
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
min / max		min	min	max	min	min	min	min
A1		11.02	8	7	5.6	3	7	6
A2		10.63	7	7	9.05	3	5	7
A3		11.89	3	5	12.08	6	3	7
Карактеристики на критериум Characteristics of the criteria		0.25	0.1	0.15	0.225	0.075	0.125	0.075
	Тип Type	I	I	I	I	I	I	I

Табела 6.9. Функција на преференција за A1-алтернатива

Table 6.9. Function of preference for A1-alternative

K ₁ - тип I - min		
(A ₁ ,A _S)	$x = K_1(A_1) - K_1(A_S)$	$P_1 = (A_1, A_S)$
s=2	11.02-10.63= 0.39	0
s=3	11.02-11.89= - 0.87	1
K ₂ - тип I - min		
(A ₁ ,A _S)	$x = K_2(A_1) - K_2(A_S)$	$P_1 = (A_1, A_S)$
s=2	8-7= 1	0
s=3	8-3= 5	0
K ₃ - тип I - max		
(A ₁ ,A _S)	$x = K_3(A_1) - K_3(A_S)$	$P_1 = (A_1, A_S)$
s=2	7-7= 0	0
s=3	7-5= 2	1
K ₄ - тип I - min		
(A ₁ ,A _S)	$x = K_4(A_1) - K_4(A_S)$	$P_1 = (A_1, A_S)$
s=2	5.6-9.05= - 3.45	1
s=3	5.6-12.08= - 6.48	1
K ₅ - тип I - min		
(A ₁ ,A _S)	$x = K_5(A_1) - K_5(A_S)$	$P_1 = (A_1, A_S)$
s=2	3-3= 0	0
s=3	3-6= - 3	1
K ₆ - тип I - min		
(A ₁ ,A _S)	$x = K_6(A_1) - K_6(A_S)$	$P_1 = (A_1, A_S)$
s=2	7-5= 2	0
s=3	7-3= 4	0
K ₇ - тип I - min		
(A ₁ ,A _S)	$x = K_7(A_1) - K_7(A_S)$	$P_1 = (A_1, A_S)$
s=2	6-7= -1	1
s=3	6-7= -1	1

Вредноста на функцијата на преференција на втората алтернатива во однос на останатите за сите седум критериуми се дадени во табела 6.10.

Табела 6.10. Функција на преференција за A2-алтернатива

Table 6.10. Function of preference for A2-alternative

K ₁ - тип I - min		
(A ₂ ,A _S)	$x = K_1 (A_2) - K_1 (A_S)$	$P_2 = (A_2, A_S)$
s=1	10.63-11.02= - 0.39	1
s=3	10.63-11.89= - 1.26	1
K ₂ - тип I - min		
(A ₂ ,A _S)	$x = K_2 (A_2) - K_2 (A_S)$	$P_2 = (A_2, A_S)$
s=1	7-8= -1	1
s=3	7-3= 4	0
K ₃ - тип I - max		
(A ₂ ,A _S)	$x = K_3 (A_2) - K_3 (A_S)$	$P_2 = (A_2, A_S)$
s=1	7-7= 0	0
s=3	7-5= 2	1
K ₄ - тип I - min		
(A ₂ ,A _S)	$x = K_4 (A_2) - K_4 (A_S)$	$P_2 = (A_2, A_S)$
s=1	9.05-5.6= 3.45	0
s=3	9.05-12.08= - 3.03	1
K ₅ - тип I - min		
(A ₂ ,A _S)	$x = K_5 (A_2) - K_5 (A_S)$	$P_2 = (A_2, A_S)$
s=1	3-3= 0	0
s=3	3-6= - 3	1
K ₆ - тип I - min		
(A ₂ ,A _S)	$x = K_6 (A_2) - K_6 (A_S)$	$P_2 = (A_2, A_S)$
s=1	5-7= - 2	1
s=3	5-3= 2	0
K ₇ - тип I - min		
(A ₂ ,A _S)	$x = K_7 (A_2) - K_7 (A_S)$	$P_2 = (A_2, A_S)$
s=1	7-6= 1	0
s=3	7-7=0	0

Вредноста на функцијата на преференција на третата алтернатива во однос на останатите за сите седум критериуми се дадени во табела 6.11.

Табела 6.11. Функција на преференција за А3-алтернатива

Table 6.11. Function of preference for A3-alternative

K ₁ - тип I - min		
(A ₃ ,A _S)	$x = K_1 (A_3) - K_1 (A_S)$	$P_3 = (A_3, A_S)$
s =1	11.89-11.02= 0.87	0
s=2	11.89-10.63= 1.26	0
K ₂ - тип I - min		
(A ₃ ,A _S)	$x = K_2 (A_3) - K_2 (A_S)$	$P_3 = (A_3, A_S)$
s =1	3-8= - 5	1
s=2	3-7= - 4	1
K ₃ - тип I - max		
(A ₃ ,A _S)	$x = K_3 (A_3) - K_3 (A_S)$	$P_3 = (A_3, A_S)$
s =1	5-7= - 2	0
s=2	5-7= - 2	0
K ₄ - тип I - min		
(A ₃ ,A _S)	$x = K_4 (A_3) - K_4 (A_S)$	$P_3 = (A_3, A_S)$
s =1	12.08-5.6= 6.48	0
s=2	12.08-9.05= 3.03	0
K ₅ - тип I - min		
(A ₃ ,A _S)	$x = K_5 (A_3) - K_5 (A_S)$	$P_3 = (A_3, A_S)$
s =1	6-3= 3	0
s=2	6-3= 3	0
K ₆ - тип I - min		
(A ₃ ,A _S)	$x = K_6 (A_3) - K_6 (A_S)$	$P_3 = (A_3, A_S)$
s =1	3-7= - 4	1
s=2	3-5= - 2	1
K ₇ - тип I - min		
(A ₃ ,A _S)	$x = K_7 (A_3) - K_7 (A_S)$	$P_3 = (A_3, A_S)$
s =1	7-6= 1	0
s=2	7-7= 0	0

Дефинирањето на индексот на преференции се врши за секој пар алтернативи (A_i, A_s), со дадена мера на преференција A_i спрема A_s во вкупниот износ и со вклучување на карактеристиките на одделните критериуми. За анализа може да се користи и поимот проценет графикон од висок ранг, односно граф чии јадра се допуштените алтернативи. Во проценетиот графикон од висок ранг се одредува влезниот и излезниот тек за секое јадро. Притоа се разгледуваат индексите на преференција на јадрата за алтернативата A_i во однос на останатите јадра на алтернативата A_s. Нето тек е разлика помеѓу влезниот и излезниот тек. Со анализа е утврдено колку е поголем излезниот тек, толку алтернативата A_i доминира над останатите алтернативи, а колку што е помал влезниот тек толку е и помал бројот на

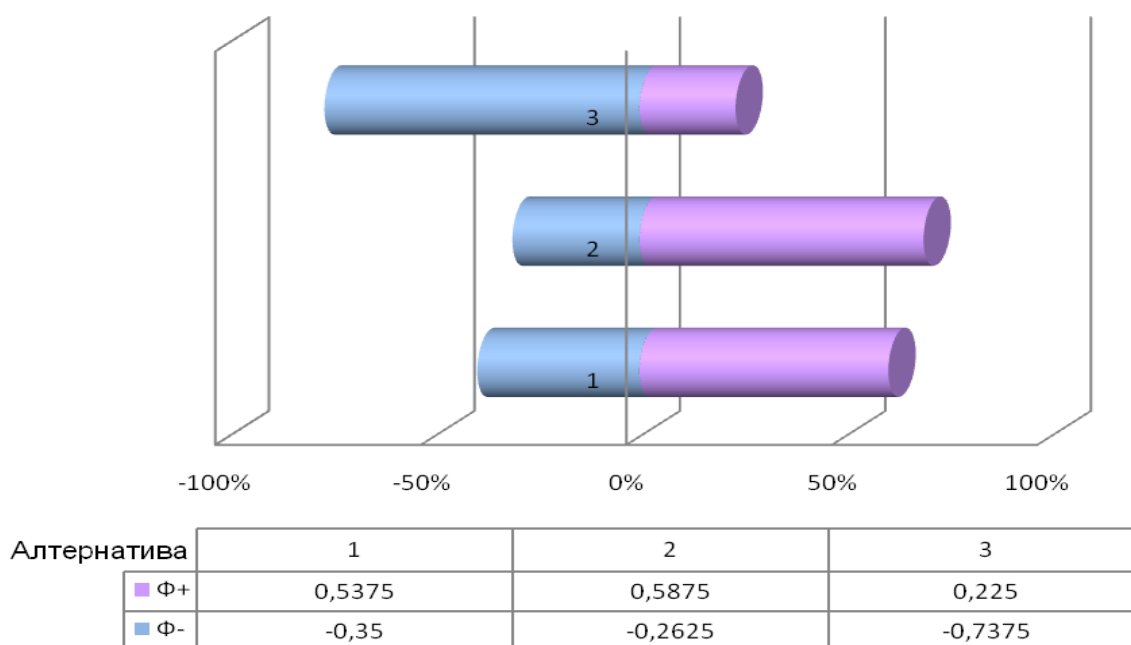
останатите алтернативи што доминираат над A_i . Кај нето текот важи: колку е поголем, толку алтернативата A_i има повисок ранг во поредокот. Методата PROMETHEE II во однос на методата PROMETHEE I се разликува само во некои постапки со кои по парцијалното рангирање би се утврдил потполниот поредок на алтернативите.

По извршената пресметка, индексите на преференции, влезниот, излезниот и нето текот се:

Табела 6.12. Индекси на преференции, влезен, излезен и нето тек

Table 6.12. Indices of preferences, input, output and net flow

	A1	A2	A3	Φ^+	Φ
A1	0	0,3	0,775	0,538	0,188
A2	0,475	0	0,7	0,588	0,325
A3	0,225	0,225	0	0,225	-0,513
Φ^-	0,35	0,263	0,738		



Слика 6.13. Дијаграм на влезен и излезен тек на јадрата на алтернативите

Figure 6.13. Diagram of input and output flow of the nuclei of alternatives

6.2.1.1. Решавање на моделот со метода PROMETHEE I

Следна фаза е одредување на парцијалниот редослед и матрицата на повисоки рангови (редоследи), според методата PROMETHEE I.

Табела 6.14. Табела на парцијален редослед

Table 6.14. Table of partial order

	A1	A2	A3
A1	-	He No	Да Yes
A2	Да Yes	-	Да Yes
A3	He No	He No	-

Табела 6.15. Матрица на повисоки рангови

Table 6.15. Matrix at higher ranks

	A1	A2	A3
A1	-	0	1
A2	1	-	1
A3	0	0	-

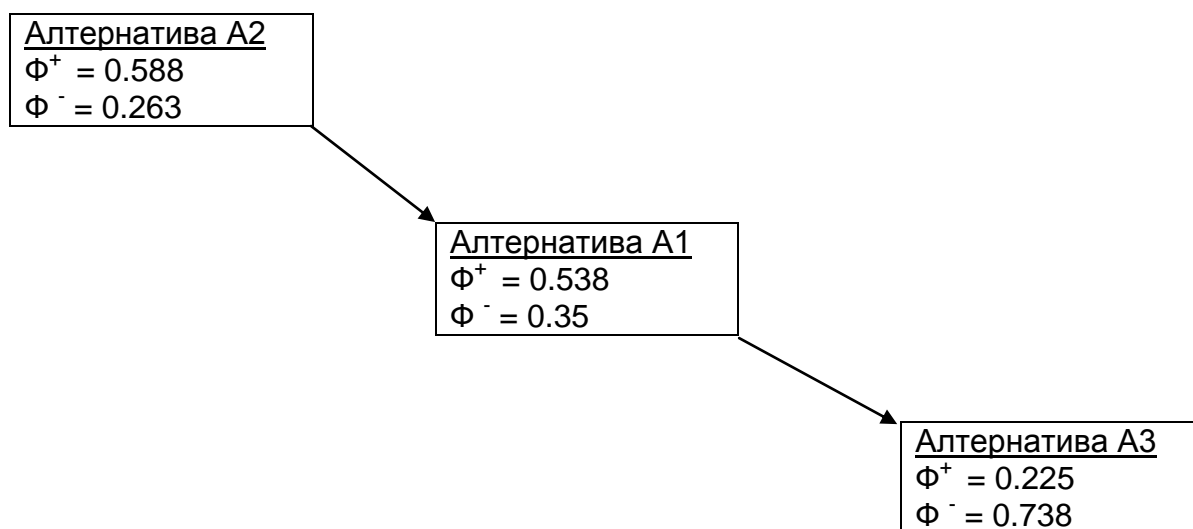
Податоците од матрицата на повисоки рангови даваат можност за дефинирање на парцијалниот поредок на алтернативните решенија, според методата PROMETHEE I.

Табела 6.16. Парцијално рангирање според методата PROMETHEE I

Table 6.16. A partial ranking under PROMETHEE I method

Алтернатива Alternative	Ознака Mark	Преферира над Prefered over
Алтернатива I Alternative I	A1	A3
Алтернатива II Alternative II	A2	A1 и A3
Алтернатива III Alternative III	A3	Не преферира Not prefered

Според тоа, графикон на парцијалните рангирања по методата PROMETHEE I ќе биде:

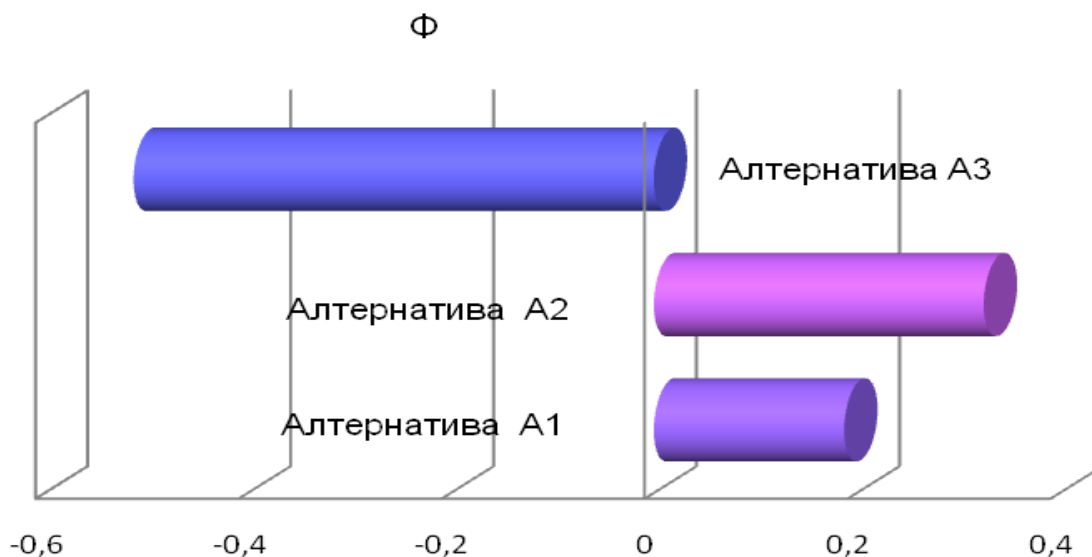


Слика 6.17. Графикон на парцијално рангирање на алтернативите според методата PROMETHEE I

Figure 6.17. Graph for partial ranking of the alternatives under PROMETHEE I method

6.2.1.2. Решавање на моделот со метода PROMETHEE II

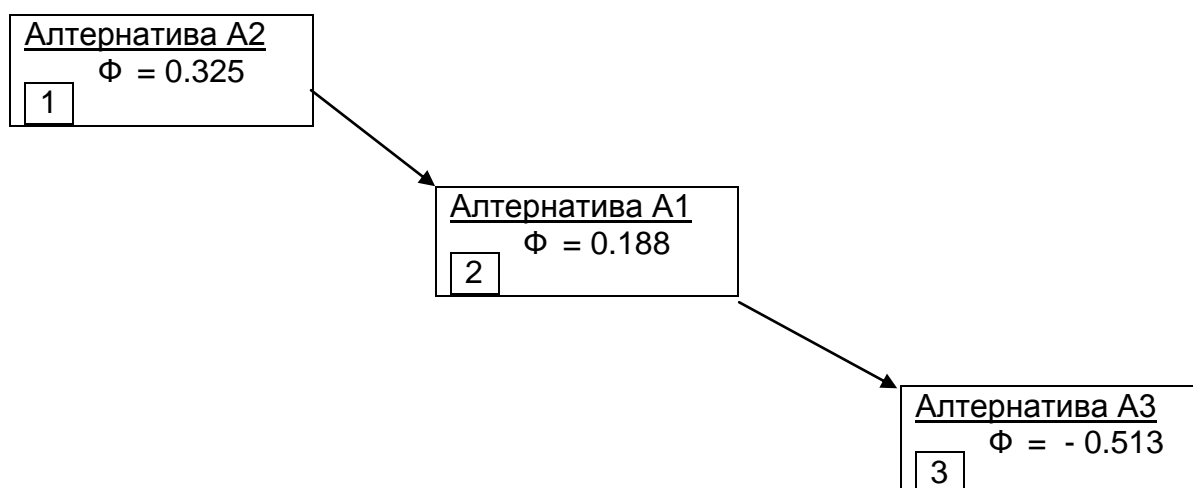
Во продолжение е дадено решението на повеќекритериумскиот модел според методата PROMETHEE II. Рангирањето на алтернативите се врши на основа на нето текот.



Слика 6.18. Дијаграм на нето тек според методата PROMETHEE II

Figure 6.18. Net flow diagram under PROMETHEE II method

Графикон на нето текот на јадрата на алтернативите според методата PROMETHEE II е прикажан на сл. 6.19.



Слика 6.19. Графикон на рангирање на алтернативите според методата PROMETHEE II

Figure 6.19. Graph for ranking of the alternatives under PROMETHEE II method

Конечниот редослед според методата PROMETHEE II е:

Табела 6.20. Конечен поредок според методата PROMETHEE II

Table 6.20. Final order according to the method PROMETHEE II

Алтернатива	Ознака	Ф	Ранг
Континуирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и јагленовите слоеви) Continued equipment for exploration (continued excavation of overburden and co al layers)	A1	0.188	2
Комбинирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и дисконтинуиран ископ на јагленот) Combined equipment for exploration (continuous excavation of overburden and di scontinued mining of coal)	A2	0.325	1
Континуирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и комбиниран ископ на јагленот) Continued exploration equipment (continued excavation of overburden and combinend mining of coal)	A3	-0.513	3

6.3. Рангирање на алтернативите според метода PROMETHEE I и PROMETHEE II

Табела 6.21. Рангирање според различни повеќекритериумски методи

Table 6.21. Ranking according different multifactor methods

Алтернатива Alternative	Ознака Mark	PROMETHEE I преферира над Prefered over	PROMETHEE II ранг Rank
Алтернатива I Alternative I	A1	A3	2
Алтернатива II Alternative II	A2	A1 и A3	1
Алтернатива III Alternative III	A3	Не преферира Not prefered	3

Добиените резултати од примената на методите: PROMETHEE I и PROMETHEE II покажаа дека решението е еднозначно и идентично. Конечниот ранг на алтернативните решенија е: $A_2 \rightarrow A_1 \rightarrow A_3$, односно: Алтернатива II \rightarrow Алтернатива I \rightarrow Алтернатива III.

Според резултатите добиени со решавањето на повеќекритериумската модел како оптимално решение за експлоатација на јаглен е алтернативата A_2 односно систем со комбинирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и дисконтинуиран ископ на јагленовите слоеви) на наоѓалиштето „Суводол“ – ПЈС.

7. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Магистерскиот труд е базиран на постојните информации за основната опрема и условите за експлоатација на лежиштето за јаглен ПЈС од аспект на:

- природните фактори на лежиштето;
- расположливост на опремата;
- техничко-технолошки карактеристики на опремата;
- анализирани остварувања на постојната опрема;
- временски план за распределба, локација и синхронизација на работа;
- книговодствена вредност на постојната опрема;
- информациона вредност за цени за набавка на нова опрема и
- основни барања за вклопување на основната постојна и нова опрема во процесот на експлоатација.

Од опишаните природни фактори на лежиштето на ПЈС во поглавје 4.1., лежиштето е со сложен состав со благи ($8-10^0$) и коси (од $8-10$ до $25-30^0$) наклони со застапени дисконтинуитетите во јагленот и слабо врзаните карпести маси застапени во јагленови глини и глиновити прашини, што условува потреба од селективно откопување на јагленовиот слој од ПЈС.

За да може да се реализираат понатамошните планирања и динамика за експлоатација, треба да биде исполнет условот за одводнување на овој копа даден во табела 4.13., односно вредноста на коефициентот на порниот притисок во завршните косини да не биде поголем од $r_u = 0,20$ со чекор на напредување на фронтот на табота од 150 m/god .

Од аспект на техноекономската анализа на книговодствената вредност на постојната опрема (поглавје 4.4.), покажа дека оваа опрема има вредност, истата се одржува, дури во 2006 и 2008 г. во поголемиот дел од неа се извршени поправки, ремонти и реконструкции, со што нејзината книговодствена вредност уште повеќе се зголемува. Ова укажува на фактот дека постојната опрема може во еден пократок временски период (во наредните 20-тина години) сè уште со редовно одржување да биде користена во полн капацитет, со оглед на тоа може да се каже дека во почетна фаза односно првите пет години ќе има непречен развој во експлоатацијата. Остварувањата на капацитативните можности на опремата во голема мера ќе зависат и од сложеноста на лежиштето и атмосферските влијанија. Техничко - технолошки

карактеристики на опремата покажаа можност за непречена експлоатација на целокупната опрема во сложените геотехнички услови при трите можни алтернативи. Според податоците за расположивост, во консултации со стручниот тим на ПЕ „Рудници“ при РЕК „Битола“ е дојдено до заклучок дека постои минимален потребен број на основна опрема на ниво на ПЕ „Рудници“.

Со анализа на временскиот план на распределба, локација и синхронизација на работата даден во табела 5.14. укажува на фактот дека рационално изводливи се Алтернатива А1 и Алтернатива А2, додека за Алтернатива А3 може да се каже дека е потешко изводлива. Од анализираните податоци на прилог табели 4.8, 4.9 и 4.10 експлоатацијата на ПЈС со Алтернатива А1 - со постојна опрема, во првите пет години, односно во фаза на развој и експлоатација е реално изводлива, но исто така и со Алтернатива А2 – со нова опрема за ископ на првиот и вториот јагленов слој се постигнува брзината на бараниот проектиран капацитет.

Алтернативата А1 – со постојна опрема за континуирана експлоатација, од аспект на книговодствена вредност на основната технолошка опрема (поглавје 4.4.), дава можност за понатамошно нивно користење. Притоа за реализација на оваа алтернатива неопходна е набавка на:

- еден транспортер,
- една разделна станица.

Вкупното инвестиционо вложување за оваа варијанта би било околу 5.6 милиони евра.

За реализација на Алтернатива А2 комбинирана опрема за експлоатација, континуиран ископ на откривката и дисконтинуиран ископ на јагленот е потребна набавка на:

- четири багери лажичари, 6 (m³);
- единаесет дамperi од 36 (t);
- една подвижна дробилка.

Вредноста на новата опрема потребна според оваа алтернатива е околу 9.05 милиони евра.

За реализација на Алтернатива А3 континуирана опрема за експлоатација, континуиран ископ на откривката и комбиниран ископ на јагленот, потребно е да се направи набавка на следнава опрема:.

- еден комбајн 2100 SM;

- еден комбајнр 3500 SM;
- шест дамperi 50 (t);
- еден транспортер.

Вредноста на новата опрема потребна според Алтернатива А3 е околу 12,08 милиони евра.

Со анализата на основните барања за вклопување на основната постојна и нова опрема во процесот на експлоатација е утврдено дека и двете алтернативни решенија А1 и А2, без поголеми потреби и услови, можат во целост да се вклопат во технолошкиот процес на експлоатација. Брзината на постигнување на планираниот капацитет е во прилог на Алтернативата А1 и А2 во однос на Алтернативата А3. Имено, набавката, инсталацијата и пуштањето на новата опрема според Алтернативата А3 би барала време од најмалку 2 години. А, со тоа и постигнувањето на планираниот капацитет би било одложено.

Слично на ова, кај Алтернатива А1 и Алтернатива А2 има предност во однос на Алтернативата А3 од аспект на детални познавања и искуства за сите нејзини предности и слабости, со оглед на тоа што оваа опрема е веќе вклопена во процесот на експлоатација, одржување и ремонт, ова особено доаѓа до израз на критериумот за оценка: степен на обученост, знаења и предквалификации на вработените.

Од аспект на подготовка на теренот за работа на системите, Алтернативата А3 има многу ниски подготвителни работи во однос на првите две алтернативи, Алтернатива А2 и Алтернатива А3 покажуваат подобра селективност за експлоатација со помали загуби на корисната компонента-јаглен и помал обем на подготвителни работи за разлика на Алтернатива А1 односно од постојната опрема.

Според поглавјето 6, односно решавањето на повеќекритериумскиот модел, може да се констатира дека Алтернативата А2 има предност во однос на Алтернативата А1. Основната предност е пред сè во цената на чинење на еден тон откопан јаглен, додека разликата во инвестиционите вложувања е од 3,45 милиони евра, во однос на Алтернативата А1.

8. ЗАКЛУЧОК

Врз основа на резултатите добиени со анализирањето на предложените алтернативни решенија, дефинирањето и решавањето на повеќекритериумскиот модел како и добиените резултати од повеќекритериумската оптимизација можат да се изведат следниве заклучоци:

- предложени се 3 варијантни решенија;
- A1 - Континуирана опрема за експлоатација, континуиран ископ на откривката и јагленовите слоеви, систем според Панов (2010);
- A2 – Комбинирана опрема за експлоатација, континуиран ископ на откривката и дисконтинуиран ископ на јагленот, систем според Панов (2009);
- A3 – Континуирана опрема за експлоатација, континуиран ископ на откривката и комбиниран ископ на јагленот, систем според „Рудпроект“ (2008);
- сите 3 варијантни решенија се техничко-технолошки можни за реализација на денешното ниво на развој на рударството и инженерството;
- за првото и третото варијантно решение цените за ископ на јаглен се усвоени од постојната рударска документација „Рудпроект“ (2008);
- за второто варијантно решение цените за ископ на јаглен се добиени аналогно со калкулација на пресметите од постојната документација, според Панов (2009). Цената на чинење за ископ на откривка за $k_0=4,4 \text{ m}^3/\text{t}$ е преземена од постојната рударска документација Основната концепција за отворање, експлоатација и развој на ПК ПЈС;
- усвоена е цена за ископ на 1 тон јаглен според првата варијанта (A1) - континуиран систем на експлоатација на јаловина и јаглен (постоен систем) од 11.02 €/t;
- пресметана е цена на ископ на 1 тон јаглен според втората варијанта (A2)- континуиран систем на експлоатација на јаловина и дисконтинуиран систем на експлоатација на јаглен од 10.63 €/t;
- усвоена е цена за ископ на 1 тон јаглен според третата варијанта (A3) - континуиран систем на експлоатација на јаловина и комбиниран систем на експлоатација на јаглен од 11.89 €/t;
- извршена е изградба на повеќекритериумски модел;
- утврдени се трите алтернативни решенија A1, A2 и A3;
- извршен е избор на 7 критериумски функции;

- цена за ископ на 1 t јаглен;
- подготвителни работи;
- брзина на постигнување на проектиран капацитет;
- инвестиционо вложување;
- степен на обука и доквалификување;
- загуби на маси јаглен при експлоатација;
- еколошки аспекти на системот на експлоатација;
- утврдени се природите и тежините (влијанијата) на критериумските функции;
- извршено е решавање на повеќекритериумскиот модел со методата на PROMETHEE I и PROMETHEE II;
- трите повеќекритериумски оптимизациони модели еднозначно го одредија решението на повеќекритериумскиот модел и извршија рангирање на варијантните решенија;
- Алтернативата A1 и Алтернативата A2 се доволно добри за примена во почетна фаза на експлоатација и развој на ПК ПЈС;
- за оптимална варијанта рангирана со ранг 1 е избрана варијантата A2 - Континуиран систем на експлоатација на јаловина и дисконтинуиран систем на експлоатација на јаглен од 10.63 €/t.

Заклучно со овој труд може да се констатира дека минималната цена за ископ на 1 тон јаглен од наоѓалиштето на ПЈС Рудник „Суводол“ е 10.63 €/t. Оптималниот избор за експлоатација на јаглен е со дисконтинуирана технологија, а отквивка (јаловина) со континуирана технологија.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

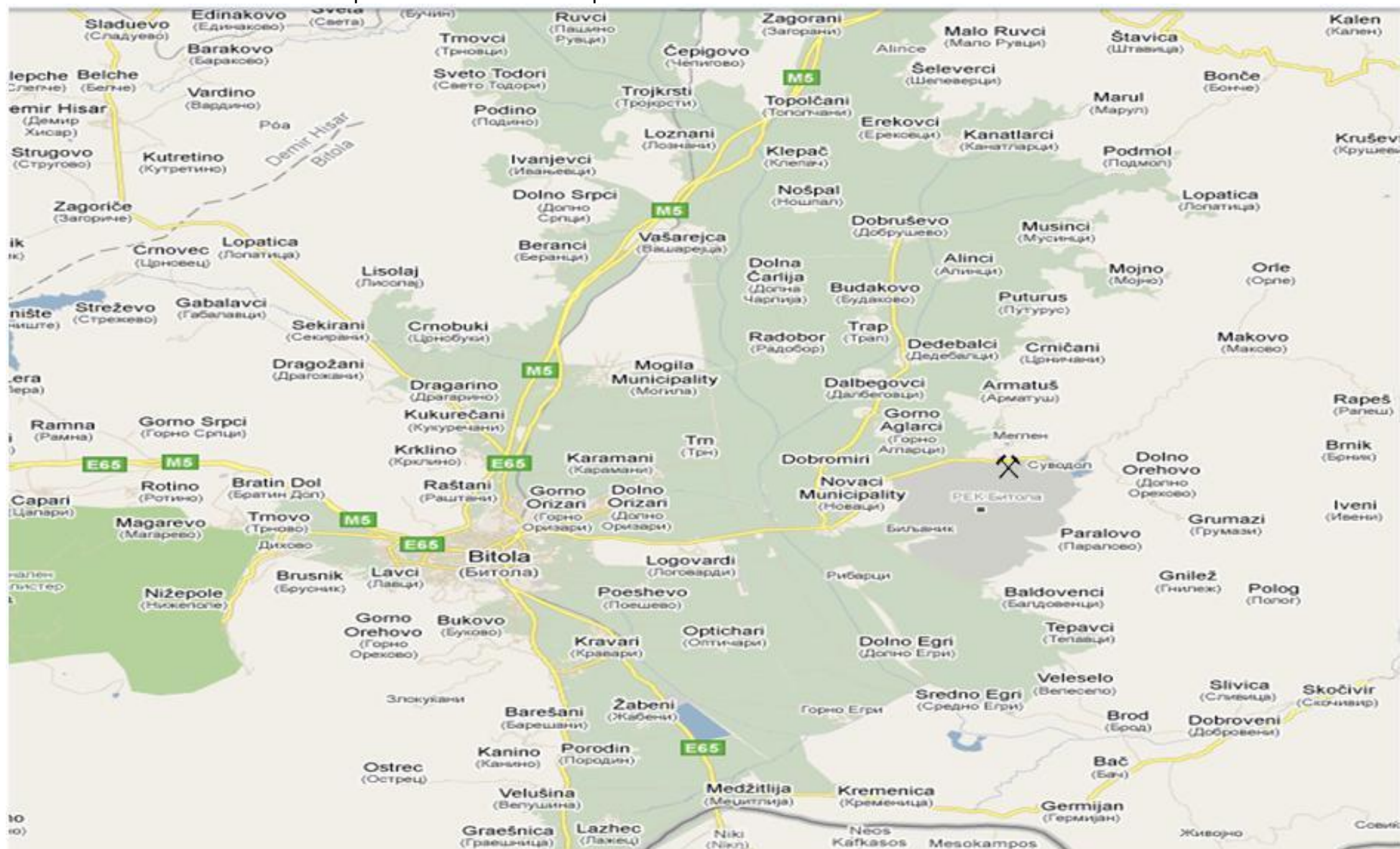
1. Popovic N. (1957) , Naucne osnove projektovanja povrinskih kopova –Rudarsko – geoloski institut i fakultet Tuzla
2. J. Кун. (1982), Површинска експлоатација на лигнит, Белград,
3. Petric J.(1983),Operaciona Istrazivanja(vtora kniga) Savremena administracija Beograd
4. Makar M. (1990), Teorija bagerovanja rotnim bagerima –Rudarski Institut – Beograd
5. Павловиќ. В. (1992), Технологија на површинско откопување, РГФ Белград
6. Панов З. (2001) , Повеќекритериумски математичко – моделски пристапи при планирање и проектирање на површинските копови, докторска дисертација. РГФ -Штип
7. Рудпроект (2008), Главен рударски проект за отворање и експлоатација на јагленот од ПЈС - Рудник Суводол - „Основна концепција за отворање, експлоатација и развој на ПК ПЈС“, Скопје
8. Панов З. (2009), Техноекономска (физибилити) студија за цена на чинење на ископан и утоварен јаглен (јаловина) од Рудник Брод Гнеотино - Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип
9. Рудпроект (2009), Главен рударски проект за отворање и експлоатација на јагленот од ПЈС - Рудник Суводол – „Технички проект за усек за отворање“, Скопје,
10. Рудпроект (2009), Главен рударски проект за отворање и експлоатација на јагленот од ПЈС - Рудник Суводол – „Технички проект за ископ на јаловина“, Скопје,
11. РГФ Белград, (2009), Студија за избор на откопно-транспортно-одлагалишна опрема при селективно откопување на јагленови серии
12. Панов З. (2010), Упростен рударски проект за надворешно одлагалиште во „0“ БТО систем – Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип
13. Панов З, (2010), Техноекономска анализа за донесување на одлука за набавка на основна опрема за ПЕ Рудници- Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип
14. веб-страница <http://www.wirtgen.com.mk> преземени на 3 февруари 2011 година.

15. http://wirtgenindia.com/pdfs/wirtgen/SM/4200%20SM/p_miner_e.pdf преземени на 3 февруари 2011 година.
16. http://www.kirby-smith.com/new_vehicle_detail.asp?veh=213728 преземени на 3 февруари 2011 година.
17. http://www.wirtgen.de/media/redaktion/pdf-dokumente/05_surface_miner/job_reports_allgemein/jr_2100sm_indien/jr_2100sm_indien_e.pdf
18. <http://www.wirtgen-china.com.cn/en/news-and-media/video/coal milling.html> преземени на 3 февруари 2011 година.
19. http://www.wirtgen.de/media/redaktion/pdf-dokumente/05_surface_miner/job_reports_allgemein/jr_2100sm_stammham_tunne l/jr_2100sm_tunnel_e.pdf преземени на 3 февруари 2011 година.
20. (официјална страна на catepillar) <http://www.cat.com/cda/layout?m=316497&x=7> преземени на 3 февруари 2011 година.
21. (официјална страна на catepillar) <http://www.cat.com/cda/layout?m=308597&x=7> преземени на 3 февруари 2011 година.
22. <http://www.machinerytrader.com/listingsdetail/detail.aspx?OHID=6381083&> преземени на 3 февруари 2011 година.

ПРИЛОЗИ

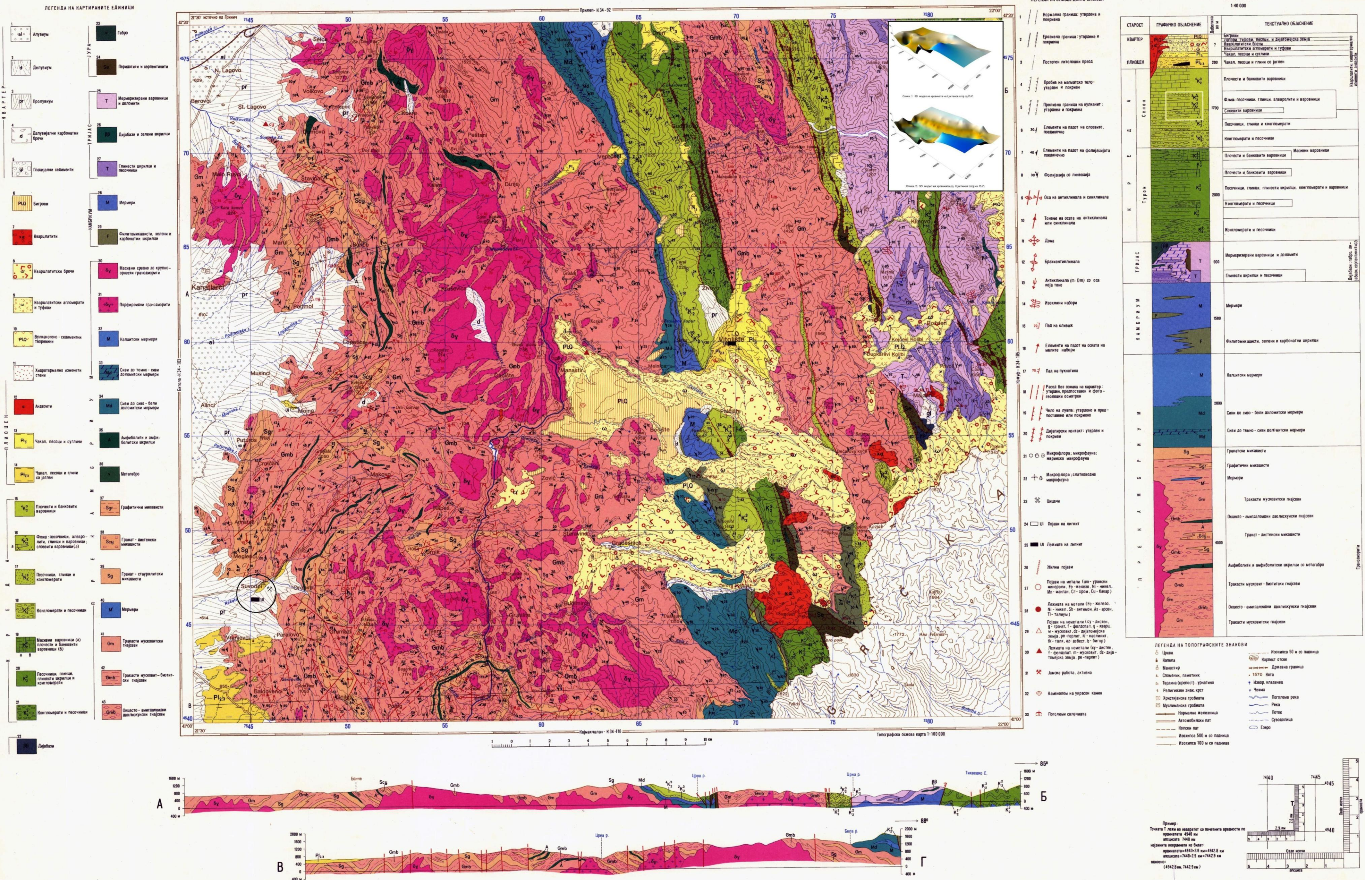
1. ОРИЕНТАЦИОНО - КОМУНИКАЦИОНА КАРТА
2. ОСНОВНА ГЕОЛОШКА КАРТА
3. СИТУАЦИОНА КАРТА НА НАДВОРЕШНИ ОДДЛАГАЛИШТА И ЗАВРШНИТЕ КОСИНИ НА ПК ПЈС „СУВОДОЛ“
4. РУДАРСКО-ТЕХНОЛОШКИ ПРОФИЛ 66-66 - ТЕХНОЛОШКА ШЕМА НА РАБОТА НА РОТОРНИТЕ БАГЕРИ SRs - 1050 И KU-300 ВО ЗОНА НА УСЕКОТ НА ОТВОРАЊЕ НА ПЈС
5. РУДАРСКО-ТЕХНОЛОШКИ ПРОФИЛ 45-45 ТЕХНОЛОШКА ШЕМА НА РАБОТА НА РОТОРНИТЕ БАГЕРИ SRs-1050, SRs-1300 И ЕШ10/70 НА ОТКРИВКА ДО ПОКРИВ (Т.Н.КРОВИНА) НА ЈАГЛЕНОВИОТ СЛОЈ ВО ФАЗА НА РАЗВОЈ НА ПК ПЈС
6. ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКИ МОДЕЛ
7. РЕШЕНИЕ НА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКИОТ МОДЕЛ

ПРИЛОГ 1- ОРИЕНТАЦИОНО – КОМУНИКАЦИОНА КАРТА

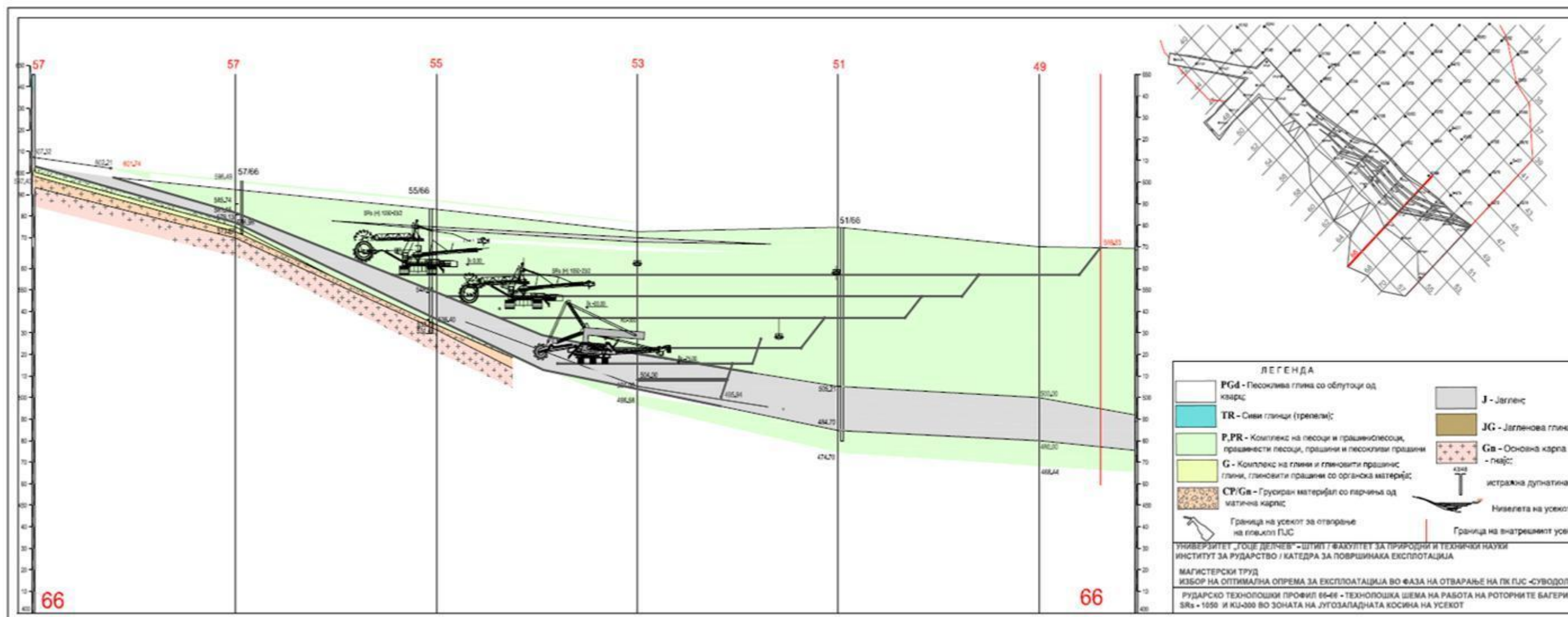


ПРИЛОГ 2 - ОСНОВНА ГЕОЛОШКА КАРТА

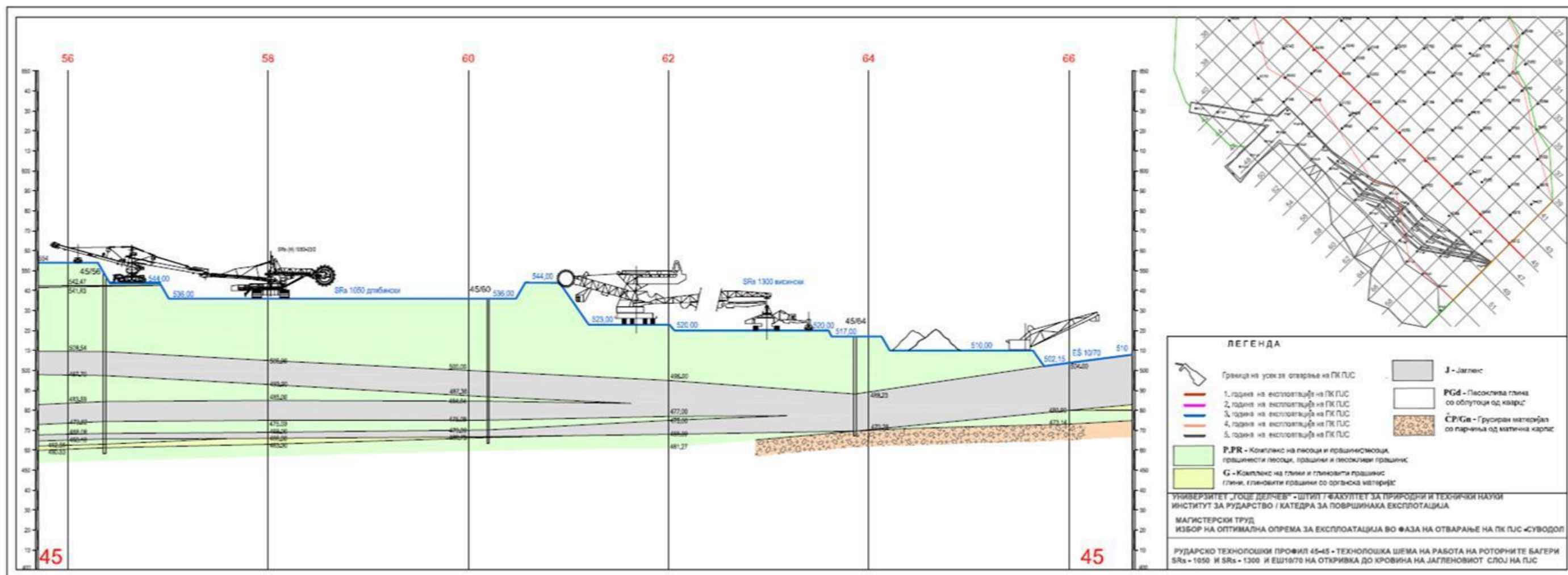
УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ - ШТИП
МАГИСТЕРСКИ ТРУД
ИЗБОР НА ОПТИМАЛНА ОПРЕМА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА ВО ФАЗА НА ОТВАРАЊЕ НА ПК П.С. „СУВОДОП“
ПРИЛОГ 2 - ОСНОВНА ГЕОЛОШКА КАРТА



ПРИЛОГ 4. РУДАРСКО-ТЕХНОЛОШКИ ПРОФИЛ 66-66 - ТЕХНОЛОШКА ШЕМА НА РАБОТА НА РОТОРНИТЕ БАГЕРИ SRs - 1050 И KU-300 ВО ЗОНА НА УСЕКОТ НА ОТВОРАЊЕ НА ПЈС



ПРИЛОГ 5. РУДАРСКО-ТЕХНОЛОШКИ ПРОФИЛ 45-45 ТЕХНОЛОШКА ШЕМА НА РАБОТА НА РОТОРНИТЕ БАГЕРИ SRs-1050, SRs-1300 И ЕШ10/70 НА ОТКРИВКА ДО ПОКРИВ (Т.Н. КРОВИНА) НА ЈАГЛЕНОВИОТ СЛОЈ ВО ФАЗА НА РАЗВОЈ НА ПК ПЈС



ПРИЛОГ 6. ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКИОТ МОДЕЛ

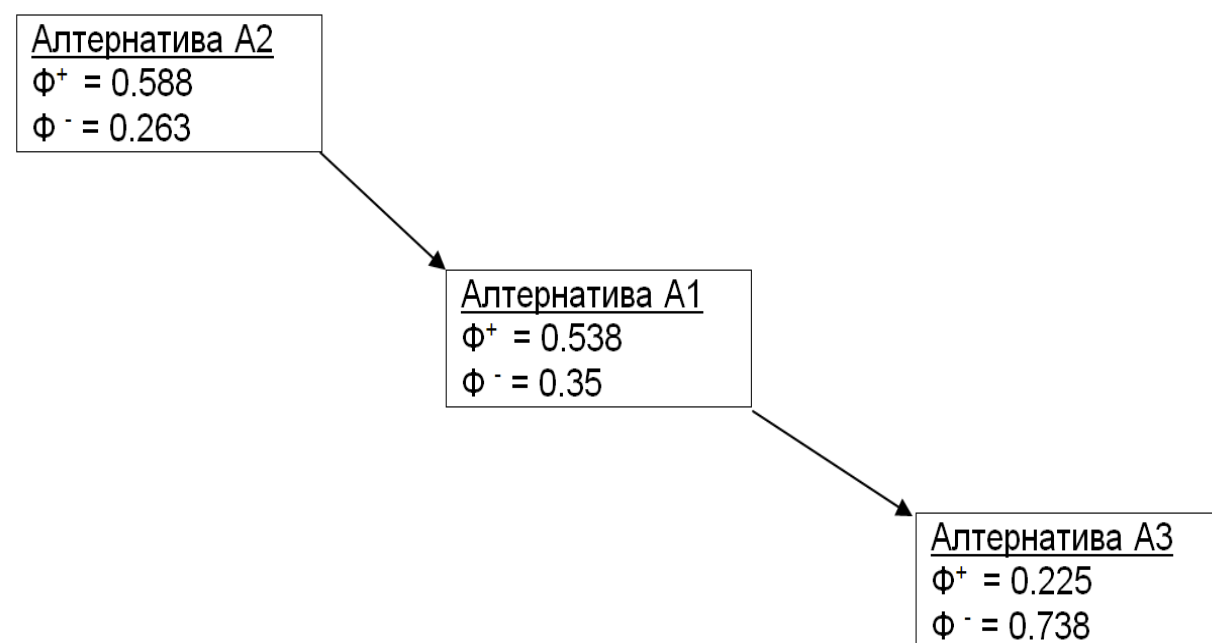
АЛТЕРНАТИВИ Alternatives		КРИТЕРИУМИ Criteria						
		Цена (€/t) Costs	Подготвителни работи Preparations	Брзина на постување на капац. Speed to reach an on projected capacity	Инвестиции (€) Investments	Обука Training	Загуби % Losses	Еколошки аспект environmental aspect
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Цел Target		min	min	max	min	min	max	min
Алтернатива I Alternative I	A1	11.02	многу високи very highh	високи high	5.6	ниска low	високи high	Средно- високи Medium high
Алтернатива II Alternative II	A2	10.63	високи high	високи high	9.05	ниска low	средни medium	високи high
Алтернатива III Alternative III	A3	11.89	ниски low	средни medium	12.08	средно повисока higher secondary	ниски low	високи high
Тежини Importance	wj	0.25	0.1	0.15	0.225	0.075	0.125	0.075

Алтернатива I - Континуирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на отквивката и јагленовите слоеви)

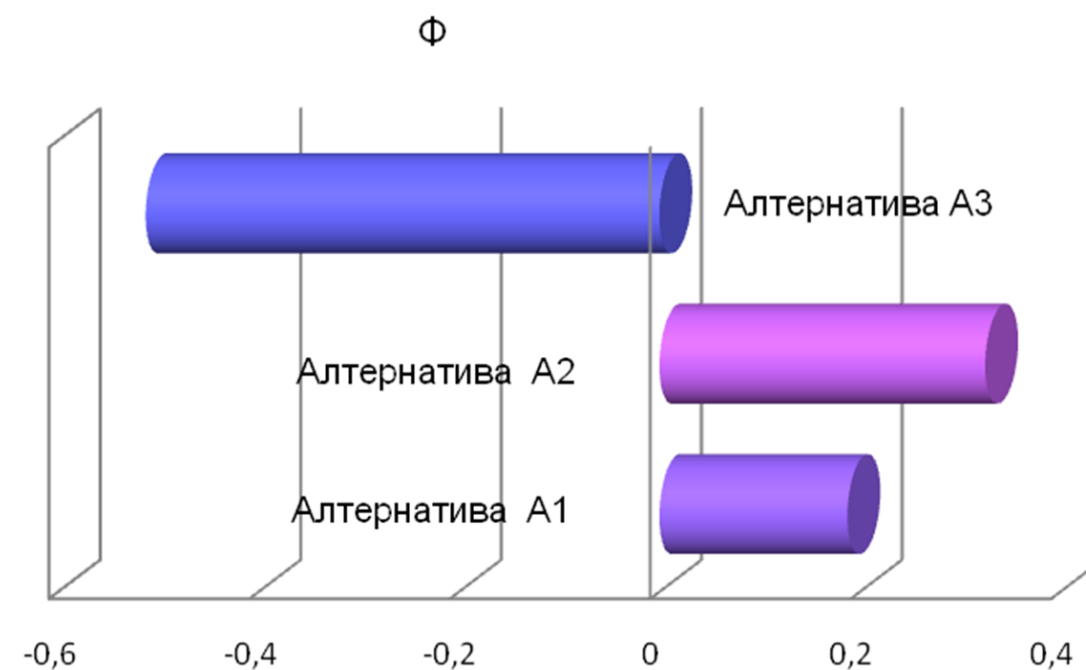
Алтернатива II - Комбинирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на отквивката и дисконтинуиран ископ на јагленот)

Алтернатива III - Континуирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на отквивката и комбиниран ископ на јагленот)

ПРИЛОГ 7. РЕШЕНИЕ НА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКИОТ МОДЕЛ



Графикон на парцијално рангирање на алтернативите според методата PROMETHEE I



Дијаграм на нето тек според методата PROMETHEE II

Конечен поредок според методата PROMETHEE II

Алтернатива Alternative	Ознака Mark	Φ	Ранг Rank
Континуирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и јагленовите слоеви) Continued equipment for exploration (continued excavation of overburden and coal layers)	A1	0.188	2
Комбинирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и дисконтинуиран ископ на јагленот) Combined equipment for exploration (continuous excavation of overburden and discontinued mining of coal)	A2	0.325	1
Комбинирана опрема за експлоатација (континуиран ископ на откривката и дисконтинуиран ископ на јагленот) Combined equipment for exploration (continuous excavation of overburden and discontinued mining of coal)	A3	-0.513	3

Жаклина Ристевска

**Избор на оптимална опрема за експлоатација во фаза на отворање на
ПК ПЈС „Суводол”**

Универзитет „Гоце Делчев” - Штип